Aménagement de récifs artificiels multigénérationnels pour le homard d'Amérique (*Homarus americanus*) dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine (Québec)

Louise Gendron, François Hazel, Nathalie Paille,
Pascal Tremblay, Selma Pereira, Marc Desrosiers,
Linda Roberge et Réal Vaudry

Direction régionale des Sciences
Pêches et Océans Canada
Institut Maurice-Lamontagne
850 route de la Mer
Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4

2013

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 3044

Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada

Canada

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports techniques contiennent des renseignements scientifiques et techniques qui constituent une contribution aux connaissances actuelles, mais qui ne sont pas normalement appropriés pour la publication dans un journal scientifique. Les rapports techniques sont destinés essentiellement à un public international et ils sont distribués à cet échelon. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère des Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports techniques peuvent être cités comme des publications intégrales. Le titre exact paraît au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports techniques sont indexés dans la base de données *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Les numéros 1 à 456 de cette série ont été publiés à titre de rapports techniques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les numéros 457 à 714 sont parus à titre de rapports techniques de la Direction générale de la recherche et du développement, Service des pêches et de la mer, ministère de l'Environnement. Les numéros 715 à 924 ont été publiés à titre de rapports techniques du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 925.

Les rapports techniques sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement d'origine dont le nom figure sur la couverture et la page du titre. Les rapports épuisés seront fournis contre rétribution par des agents commerciaux.

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Technical reports contain scientific and technical information that contribute to existing knowledge but that are not normally appropriate for primary literature. Technical reports are directed primarily toward a worldwide audience and have an international distribution. No restriction is placed on subject matter, and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Technical reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is indexed in the data base *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Numbers 1-456 in this series were issued as Technical Reports of the Fisheries Research Board of Canada. Numbers 457-714 were issued as Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Research and Development Directorate Technical Reports. Numbers 715-924 were issued as Department of Fisheries and the Environment, Fisheries and Marine Service Technical Reports. The current series name was changed with report number 925.

Technical reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page. Out-of-stock reports will be supplied for a fee by commercial agents.

Rapport technique canadien
des sciences halieutiques et aquatiques 3044

2013

Aménagement de récifs artificiels multigénérationnels pour le homard d'Amérique (*Homarus americanus*) dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine, Québec

Louise Gendron, François Hazel, Nathalie Paille, Pascal Tremblay, Selma Pereira, Marc Desrosiers[1], Linda Roberge[2], Réal Vaudry[1]

Direction régionale des Sciences
Pêches et Océans Canada
Institut Maurice-Lamontagne
850, route de la Mer
Mont-Joli (Québec)
G5H 3Z4

[1] Travaux Publics et Services Gouvernementaux Canada, 1550, avenue d'Estimauville, Québec, (Québec) G1J 0C7
[2] Transports Canada, 180, de la Cathédrale, Rimouski, (Québec), G5L 5H9

©Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2013
No. de cat. Fs 97-6/3044F-PDF ISSN 1488-545X

On devra citer la publication comme suit :

Gendron, L., F. Hazel, N. Paille, P. Tremblay, S. Pereira, M. Desrosiers, L. Roberge et R. Vaudry. 2013. Aménagement de récifs artificiels multigénérationnels pour le homard d'Amérique (*Homarus americanus*) dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine, Québec. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3044. x+76 p.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES v

LISTE DES TABLEAUX vi

LISTE DES ANNEXES vii

RÉSUMÉ viii

ABSTRACT ix

PRÉFACE x

1 INTRODUCTION 1

2 PREMIER VOLET : ÉTUDE DES SITES POTENTIELS POUR LA MISE EN PLACE DES RÉCIFS ARTIFICIELS 3

2.1 MÉTHODOLOGIE 3

2.1.1 Choix des sites *3*

2.1.2 Caractérisation des sites *6*

Transects vidéo 6

Prélèvement, tamisage et analyse des échantillons de sédiments 7

2.1.3 Analyse des données *8*

2.2 RÉSULTATS 8

2.2.1 Généralités *8*

2.2.2 Caractérisation des sites *8*

Transects vidéo 8

Nature des fonds 8

Abondance des organismes épibenthiques 9

Sédiments et endofaune 14

Description des sédiments 14

Endofaune 14

2.3 CONCLUSION 16

3 DEUXIÈME VOLET : CONCEPTION ET MISE EN PLACE DES RÉCIFS ARTIFICIELS 17

3.1 MÉTHODOLOGIE 17

3.1.1 Conception des récifs artificiels *17*

3.1.2 Mise en place des récifs artificiels *17*

Préparation de la pierre et transport 18

Aménagement des récifs sur le fond marin 21

Vérification du niveau bathymétrique 21

3.1.3 Suivi de conformité des travaux et description des récifs après leur mise à l'eau *21*

Localisation géographique des récifs 21

Description de l'habitat entourant les récifs 22

Descriptions des sections 22

3.2 RÉSULTATS 23

3.2.1 Superficie aménagée *23*

3.2.2 Observations fauniques *23*

3.3 CONCLUSION 23
4 TROISIÈME VOLET : SUIVI DES RÉCIFS ARTIFICIELS 24
4.1 SUIVI DE L'ÉTAT GÉNÉRAL DES RÉCIFS 24
4.1.1 Méthodologie *24*
État général et disposition des récifs 24
Ensablement 25
Colonisation par la flore et la faune 25
Échantillonnage par transects 25
Échantillonnage par quadrats 26
Analyse des données 26
Examen visuel des blocs de béton 27
4.1.2 Résultats *27*
Disposition des récifs et des blocs de béton 27
Ensablement 27
Autour des récifs 27
Centre des récifs 29
Mesures de la tige centrale 29
Blocs de béton 33
Colonisation par la flore et la faune – transects 33
Homard et crabe commun 33
Autres invertébrés benthiques 36
Poissons 37
Considérations générales 39
Colonisation par la flore et la faune - quadrats 39
Homard et crabe commun 39
Autres invertébrés 39
Poissons 41
Couverture algale 41
4.1.3 Conclusion *41*
4.2 SUIVI LA DÉPOSITION BENTHIQUE DU HOMARD 43
4.2.1 Méthodologie *43*
4.2.2 Analyse des données *44*
4.2.3 Résultats *44*
2010 44
2011 45
2012 47
4.2.4 Conclusion *48*
5 CONCLUSION GÉNÉRALE 49
6 REMERCIEMENTS 50
7 BIBLIOGRAPHIE 51

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Localisation du secteur à l'étude dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine (Québec) pour le projet de compensation de perte d'habitat par des récifs artificiels pour le homard. 3
Figure 2. Cartes de la bathymétrie, du relief et de la réflectivité provenant des relevés multifaisceaux (Kongsberg EM-3002) effectués dans la zone d'étude (encadré de la Figure 1) par le Service Hydrographique du Canada en 2008. Carrés rouges : sites potentiels étudiés (300 m x 400m); ellipse rouge : 4e site ajouté; cercle en pointillés blancs : amas de roches (déblais d'un ancien quai). Les lignes et les points représentent l'emplacement des transects et des sites d'échantillonnage des sédiments tels qu'établis dans le protocole de travail. 4
Figure 3. Représentation des transects (T1 à T10) et des stations de prélèvement de sédiments (S1 à S24) effectués lors de la caractérisation des quatre sites potentiels à l'étude dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine (encadré de la Figure 1). 5
Figure 4. Abondance de la faune épibenthique des fonds sableux observée sur les images vidéo lors de la caractérisation des quatre sites à l'étude dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine. L'abondance totale (nombre/m^2) par site est indiquée.... 11
Figure 5. Abondance de la faune épibenthique des fonds de sable/gravier observée sur les images vidéo lors de la caractérisation des quatre sites à l'étude dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine. L'abondance totale (nombre/m^2) par site est indiquée. 12
Figure 6. Abondance de la faune épibenthique des amas rocheux observée sur les images vidéo lors de la caractérisation des quatre sites à l'étude dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine. L'abondance totale (nombre/m^2) par site est indiquée. . 13
Figure 7. Abondance de l'endofaune identifiée dans les sédiments prélevés sur les sites 1, 2 et 3 dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine. L'abondance totale (nombre/m^2) par site est indiquée. 15
Figure 8. Représentation schématique d'un récif multigénérationnel pour le homard et dimensions des différentes sections de roches. Coin supérieur gauche : schéma d'un bloc de béton. 19
Figure 9. Images du relief du fond (EM-3000) montrant les récifs artificiels aménagés à l'automne 2009 dans la baie de Plaisance. 20
Figure 10. Points de caractérisation (A à J) de l'habitat entourant les récifs mis en place dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine. 22
Figure 11. Différences d'élévation calculées à partir des images bathymétriques des sondages multifaisceaux (Kongsberg EM-3002) réalisés en 2009 et 2011 sur le site des récifs artificiels dans la baie de Plaisance, Îles-de-la-Madeleine. 28
Figure 12. Illustration de l'ensablement des blocs de bétons placés à l'extrémité des récifs E et G en 2010. 31
Figure 13. Illustration de l'ensablement des blocs de bétons placés à l'extrémité des récifs E et G en 2011. 32
Figure 14. Densité (nombre/m^2) (moyenne ± erreur-type) de homard et de crabe commun observée dans les différentes catégories de roches pour l'ensemble des récifs lors du suivi par transects en 2010 et 2011 et en 2008 (temps zéro), avant la mise en place des récifs en 2009. 35

Figure 15. Densité (nombre/m^2) (moyenne ± erreur-type) de poissons observée dans les différentes catégories de roches pour l'ensemble des récifs lors du suivi par transects en 2010 et 2011 et en 2008 (temps zéro), avant la mise en place des récifs en 2009. 38
Figure 16. Disposition des quadrats (rectangles noirs) de 5 m^2 (2,5 x 2 m) échantillonnées par le MPO sur la section de petites roches des récifs A, C, F et G lors des suivis de la déposition benthique des homards. 43
Figure 17. Distribution des fréquences de taille et densité (moyenne 6± erreur-type) des différents stades benthiques des homards récoltés dans les quadrats de 5 m^2 en 2010, 2011 et 2012. Ligne pointillée : taille limite supérieure des homards cryptiques. ... 46

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Longueur (cm) apparente de la tige de métal placée au centre de chaque récif en 2009. 30
Tableau 2. Densité (nombre/m^2) (moyenne ± erreur-type) de homard et de crabe commun sur l'ensemble des récifs (toutes catégories de roches confondues) observée lors du suivi par transects en 2010 et 2011 et en 2008, au temps zéro, avant la mise en place des récifs en 2009. 34
Tableau 3. Densité (nombre/m^2) (moyenne ± erreur-type) d'organismes récoltés lors du suivi par quadrat sur les récifs G et F en 2010 et pourcentage de couverture algale. 40
Tableau 4. Nombre de homards récoltés dans chaque quadrat de 5 m^2 échantillonné en 2010 sur les récifs et densités moyennes (± erreur-type) (nombre/m^2). 45
Tableau 5. Nombre de homards récoltés dans chaque quadrat de 5 m^2 échantillonné en 2011 sur les récifs et densités moyennes (± erreur-type) (nombre/m2). 47
Tableau 6. Nombre de homards récoltés dans chaque quadrat de 5 m^2 échantillonné en 2012 sur les récifs et densités moyennes (± erreur-type) (nombre/m^2). 48

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Calendrier des différentes étapes du projet de compensation visant mise en place de récifs artificiels pour le homard dans la Baie de Plaisance aux Îles-de-le-Madeleine (Québec). 54
Annexe 2. Coordonnées géographiques et profondeur (P) des transects vidéo effectués pour la caractérisation des quatre sites à l'étude dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine. 55
Annexe 3. Coordonnées géographiques des stations d'échantillonnage de sédiments pour la caractérisation des quatre sites à l'étude dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine. 56
Annexe 4. Liste alphabétique des noms communs et scientifiques des différentes espèces mentionnées dans le document. 57
Annexe 5. Densité d'organismes épibenthiques (nombre d'individus/m^2) par type de fond observée sur les transects filmés lors de la caractérisation des quatre sites à l'étude dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine. 58
Annexe 6. Densité d'organismes (nombre d'individus/m^2) observée sur chacun des transects filmés lors de la caractérisation des quatre sites à l'étude dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine. 59
Annexe 7. Description des stations d'échantillonnage de sédiments prélevées sur les sites 1, 2 et 3 lors de la caractérisation du milieu. 60
Annexe 8. Nombre d'organismes par espèce et par station d'échantillonnage de sédiments et densité (nombre/m^2) (moyenne ± erreur-type) par espèce pour chaque site. 61
Annexe 9. Densité totale (nombre/m^2) (moyenne ± erreur-type) par espèce pour l'ensemble des sites d'échantillonnage des sédiments. 63
Annexe 10. Volume (tonnes) des pierres des différentes tailles utilisées pour aménager chacune des sections des récifs. 64
Annexe 11. Photographies illustrant la préparation de la pierre et son transport 65
Annexe 12. Coordonnées prévues et réelles des quatre coins de chaque récif artificiel mis en place dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine. 69
Annexe 13. Caractérisation du fond naturel et mesure de la hauteur de l'enrochement à dix endroits autour de chaque récif. 70
Annexe 14. Distances entre les récifs d'un site. 72
Annexe 15. Identification et décompte sommaire des espèces fauniques (nombre d'individus) observées autour et sur les récifs lors du suivi de conformité effectué à l'automne 2009. 73
Annexe 16. Nombre total d'organismes dans chaque transect de 20 m^2 effectué lors des suivis en 2010 sur quatre des huit récifs mis en place dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine. 74
Annexe 17. Nombre total d'organismes dans chaque transect de 20 m^2 effectué lors des suivis en 2011 sur quatre des huit récifs mis en place dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine. 75
Annexe 18. Pourcentage de recouvrement de roches, d'algues et d'animaux et nombre d'individus pour chaque espèce identifiée dans les quadrats de 0,25 m^2 effectués sur les récifs G et F lors du suivi de 2010. 76

RÉSUMÉ

Gendron, L., F. Hazel, N. Paille, P. Tremblay, S. Pereira, M. Desrosiers, L. Roberge et R. Vaudry. 2013. Aménagement de récifs artificiels multigénérationnels pour le homard d'Amérique (*Homarus americanus*) dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine, Québec. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3044. x+76 p.

Huit récifs artificiels multigénérationnels pour le homard d'Amérique, de 200 m^2 chacun, ont été installés dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine (Québec) en 2009, en guise de compensation pour perte d'habitat en vertu de la *Loi sur les pêches*. Le présent rapport décrit les travaux effectués et résultats obtenus à chacune des trois étapes du projet :1) la caractérisation du fond marin afin de cibler des sites propices à la mise en place des récifs artificiels, 2) la conception et l'aménagement des récifs et 3) la réalisation d'un suivi sur deux ans de l'état général et de la colonisation des récifs et d'un suivi sur trois ans de la déposition benthique du homard. Les récifs artificiels ont été déposés sur un fond de sable-gravier situé à environ 7 m de profondeur. Les récifs comportent cinq sections constituées d'amas de roches de trois tailles différentes, visant à fournir des abris pour tous les stades de vie benthique du homard. Lors des suivis, des homards ont été observés sur tous les récifs et dans les trois catégories de roches, incluant des jeunes de l'année qui s'y sont nouvellement établis. Les résultats confirment le caractère multigénérationnel des récifs ainsi que leur capacité à augmenter la production locale. Deux ans après leur installation, les récifs sont demeurés stables, malgré l'ensablement de quelques sections sur certains récifs, observé surtout après la première année. Les différents suivis ont permis de confirmer également que les récifs constituent des habitats propices non seulement pour le homard, mais aussi pour plusieurs autres espèces d'invertébrés benthiques et de poissons, qui étaient 10 fois plus abondants qu'avant la mise en place des récifs.

ABSTRACT

Gendron, L., F. Hazel, N. Paille, P. Tremblay, S. Pereira, M. Desrosiers, L. Roberge et R. Vaudry. 2013. Aménagement de récifs artificiels multigénérationnels pour le homard d'Amérique (*Homarus americanus*) dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine, Québec. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3044. x+76 p.

Eight multigenerational artificial reefs for the American lobster, of 200 m^2 each, were installed in the Plaisance Bay, in the Magdalen Islands (Quebec) in 2009 as compensation for loss of habitat under the *Fisheries Act*. This report describes the work done and the results obtained in all three phases of the project: 1) characterization of the seabed to identify suitable sites for the establishment of the artificial reefs, 2) design and installation of reefs and 3) the two-year monitoring of the condition and the colonization of reefs and the three-year monitoring of lobster benthic settlement on the artificial reefs. The reefs were placed on a sandy-gravel bottom located about 7 m deep. The reefs comprise five sections of clusters of rocks of three different sizes, to provide shelters for all life stages of benthic lobster. During follow-up, lobsters were observed in all reefs and in the three rock categories, including young of the year newly settled on the reef. Results confirm the multi-generational nature of the reefs and the capacity to increase local production. Two years after installation, the reefs have remained stable despite the silting of some sections on certain reefs, observed especially after the first year. The various monitoring have confirmed that the reefs provide suitable habitat not only for lobster, but also for several other species of benthic invertebrates and fish, which were 10 times more abundant than before the installation of the reefs.

PRÉFACE

La *Loi sur les pêches*[1] du Canada vise à assurer la protection du poisson[2] et de l'habitat du poisson[3]. Elle comprend des dispositions qui interdisent de réaliser, dans les eaux canadiennes ou à proximité, des travaux qui nuisent au passage du poisson et aux débits d'eau nécessaires au poisson, entraînent une mortalité du poisson non causée par la pêche ou causent la détérioration, la destruction ou la perturbation de l'habitat du poisson, sans obtenir au préalable une autorisation de Pêches et Océans Canada (MPO).

Le *Programme de gestion de l'habitat du poisson se fonde sur la Politique de gestion de l'habitat du poisson* (MPO 1986) et vise diverses activités lui permettant d'assumer son mandat qui consiste à conserver, à protéger et à mettre en valeur l'habitat du poisson. L'objectif de conservation des habitats exige l'application du principe d'aucune perte nette. En vertu de ce principe, les pertes inévitables d'habitats du poisson doivent être compensées (MPO 1986).

En 2007, Transports Canada (TC) a soumis une proposition pour des travaux de réfection du brise-lames principal du port de Cap-aux-Meules (Îles-de-la-Madeleine, Québec). Le MPO a statué que le projet entraînerait une destruction et une détérioration de l'habitat du poisson et qu'un projet de compensation était nécessaire (Autorisation # 2008-024). Dans ce contexte, un projet d'aménagement de récifs artificiels visant l'amélioration de l'habitat du homard, une espèce hautement valorisée aux Îles-de-la-Madeleine a été mis sur pied. En raison de l'aspect novateur de ce type de projet de compensation, et afin de maximiser ses chances de succès, un comité technique composé de représentants de TC, de Travaux publics et services gouvernementaux Canada (TPSGC), du MPO et de l'Association des pêcheurs propriétaires des Îles-de-la-Madeleine (APPIM) fut mis sur pied. TPSGC, mandaté par TC, avait la responsabilité de la réalisation technique du projet, soit la réalisation des plans et devis, l'attribution des contrats pour la réalisation des récifs ainsi que pour les suivis. Le MPO avait le mandat de fournir un soutien scientifique notamment pour la conception des récifs, l'élaboration des protocoles d'échantillonnage, la réalisation du suivi de la déposition benthique du homard ainsi que l'analyse des rapports de suivis. L'APPIM assurait la liaison avec les pêcheurs de homard pour les tenir informés du projet. Suite à un appel d'offres, les services de CJB Environnement Inc. ont été retenus par TPSGC pour la réalisation des suivis et des échantillonnages selon les protocoles fournis par le comité technique afin de documenter la stabilité des récifs ainsi que leur colonisation. Peu de temps après, la Direction des Ports pour petits bateaux du MPO (PPB) s'est joint au comité en tant que partenaire dans la réalisation de récifs en guise d'habitat de réserve[4].

---

[1] La *Loi sur les pêches* qui a encadré le présent projet a été en vigueur jusqu'en juin 2012

[2] La définition légale de poisson inclut les poissons et leurs parties, les mollusques, les crustacés et les animaux marins ainsi que leurs parties, les œufs, le sperme, la laitance, le frai, les larves, le naissain et les petits des animaux mentionnés

[3] La définition légale de l'habitat du poisson inclut les frayères, les aires d'alevinage, de croissance et d'alimentation et les routes migratoires dont dépend, directement ou indirectement, la survie des poissons

[4] Habitat de réserve : projet de compensation réalisé par un promoteur avant que celui-ci engendre une perte d'habitat

1 INTRODUCTION

En 2007, Transports Canada (TC) a soumis une proposition pour entreprendre des travaux de réfection du brise-lames principal du port de Cap-aux-Meules (Québec, Îles-de-la-Madeleine). Ces travaux consistaient à reconstruire la façade extérieure du brise-lames en aménageant une berme de protection. En 2008, Pêches et Océans Canada (MPO) a statué que la mise en place des pierres et des dolosse[5] du brise-lames entrainerait une destruction de 3665 m^2 d'habitat servant d'aire d'alimentation pour diverses espèces comme les plies, la tanche-tautogue, l'ulvaire à deux-lignes, la moule bleue, le crabe commun, le buccin et le Bernard l'hermite ainsi qu'une détérioration de 6580 m^2 causée par le remblai se trouvant sous le zéro des cartes.

En vertu de la *Loi sur les pêches* une autorisation pour les travaux de réfection du brise-lames de Cap-aux-Meules a été accordée à TC, conditionnelle à la mise en œuvre d'un programme de compensation. Le MPO a donc accepté à titre de projet compensatoire, que TC aménage des récifs artificiels pour le homard d'Amérique (appelé par la suite homard) dans la partie sud de la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine.

Au cours des dernières décennies, l'aménagement de récifs artificiels pour les homards a bénéficié de l'amélioration des connaissances sur le comportement et sur la dynamique de différents stades de vie du homard (Spanier *et al.* 2011). Par exemple, dans le port de Boston, la création de récifs multigénérationnels pour le homard a permis de créer des habitats pour tous les stades de vie du homard (Barber *et al.* 2009a). Au cours des dernières années, une plus grande attention a été portée à la sélection des sites pour la mise en place des récifs, en tenant compte de facteurs physiques (courants, vagues, stabilité du fond), biologiques (proximité d'habitats naturels, communautés benthiques existantes) et de l'approvisionnement larvaire (Barber *et al.* 2009b), augmentant ainsi les chances de succès des projets.

La partie sud de la baie de Plaisance, au large de Havre-Aubert (Figure 1) a été choisie pour la mise en place des récifs artificiels pour le homard, une espèce commerciale importante pour l'économie des Îles-de-la-Madeleine. Différentes raisons basées sur les recommandations de Paille et Gendron (2001) et de Barber *et al.* (2009a, b) ont guidé ce choix. Tout d'abord, des observations effectuées en 2007 sur des amas de roches d'environ 2 m de diamètre, constituant des déblais d'un ancien quai, et déposés au fond de la baie de Plaisance dans les années 1970 ont montré que ces amas étaient fortement colonisés, qu'ils supportaient une pouponnière de homard et qu'ils ne s'étaient pas ensablés avec le temps (L. Gendron, observations personnelles), laissant présumer de la pérennité d'un aménagement réalisé dans les environs. Ensuite, l'existence à proximité (1,5 km) de récifs naturels connus comme étant une pouponnière et un habitat propice pour le homard (Hudon, 1987, Gendron et Sainte-Marie 2006), ainsi que l'existence d'un apport larvaire naturel (Hudon et al. 1986, Ouellet *et al.* 2001) permettaient de penser que les récifs artificiels seraient bien positionnés car ils seraient accessibles aux postlarves au moment de leur établissement benthique. La présence d'un fond marin compact composé

[5] Dolos [pluriel : dolosse] : Blocs de forme géométrique complexe de plus de 20 tonnes utilisés pour protéger les quais de l'érosion provoquée par les vagues.

de sable et de gravier ainsi que la faible profondeur permettant une accessibilité aux récifs en plongée sous-marine ont également été pris en considération dans le choix du site. La construction de récifs artificiels dans ce secteur considéré comme un environnement peu propice à la déposition benthique du homard a aussi été vu comme pouvant contribuer à augmenter localement la productivité du homard. De plus, l'utilisation de récifs artificiels multigénérationnels (Barber *et al.* 2009a) semblait constituer une approche permettant non seulement d'augmenter la superficie d'habitats propices à tous les stades de vie benthique du homard, mais également d'augmenter la biodiversité du milieu.

Des récifs artificiels multigénérationnels pour le homard ont donc été mis en place dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine. Le projet a été réalisé en trois étapes : 1) la caractérisation du fond marin d'une partie de la baie de Plaisance afin de cibler des sites propices à la mise en place des récifs, 2) le choix du type d'aménagement le plus approprié pour la colonisation par les homards à différents stades de leur développement ainsi que la mise en place de huit récifs artificiels de 200 m^2 répartis sur deux sites et 3) la réalisation d'un suivi sur deux ans de l'état général et de la colonisation des récifs et d'un suivi sur trois ans de la déposition benthique du homard, afin de documenter l'efficacité des récifs.

L'objectif du rapport est de consigner dans un même document le travail effectué et les résultats obtenus à chacune des étapes du projet et d'évaluer si ce type de récif répond aux objectifs établis notamment en termes de création d'un nouveau milieu favorable pour tous les stades de vie du homard. Le rapport est structuré selon trois volets qui correspondent aux trois étapes du projet. À l'exception de la section 2 du troisième volet, ce document constitue une synthèse des différents rapports produits par CJB Environnement Inc. (2009, 2010, 2011 et 2012) sur la caractérisation du site, la mise en place des récifs et leur suivi. Le travail décrit ici s'est échelonné d'octobre 2009 à septembre 2012. Le calendrier des différentes étapes du projet est présenté à l'Annexe 1.

2 PREMIER VOLET : ÉTUDE DES SITES POTENTIELS POUR LA MISE EN PLACE DES RÉCIFS ARTIFICIELS

Ce premier volet présente les étapes qui ont permis la caractérisation du fond marin de quatre sites situés dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine. Cette caractérisation a été nécessaire afin de cibler un milieu propice à la mise en place des récifs à homard, de déterminer la zone d'aménagement de ces derniers ainsi que le type de structures et les matériaux à utiliser.

2.1 MÉTHODOLOGIE

2.1.1 Choix des sites

La partie sud de la baie de Plaisance, au large de Havre-Aubert (Figure 1) a fait l'objet d'un relevé multifaisceaux (Kongsberg EM-3002) en 2008 à partir duquel des cartes bathymétrique, de réflectivité et de relief ont été produites (Figure 2). L'analyse de ces cartes a permis de déterminer les coordonnées de trois sites potentiels pour installer les récifs, situés de préférence entre 5 et 7 m de profondeur. Un quatrième site a été ajouté par la suite, après une analyse plus approfondie de l'image de réflectivité qui a révélé l'emplacement d'un fond de nature plus compacte (Figure 2).

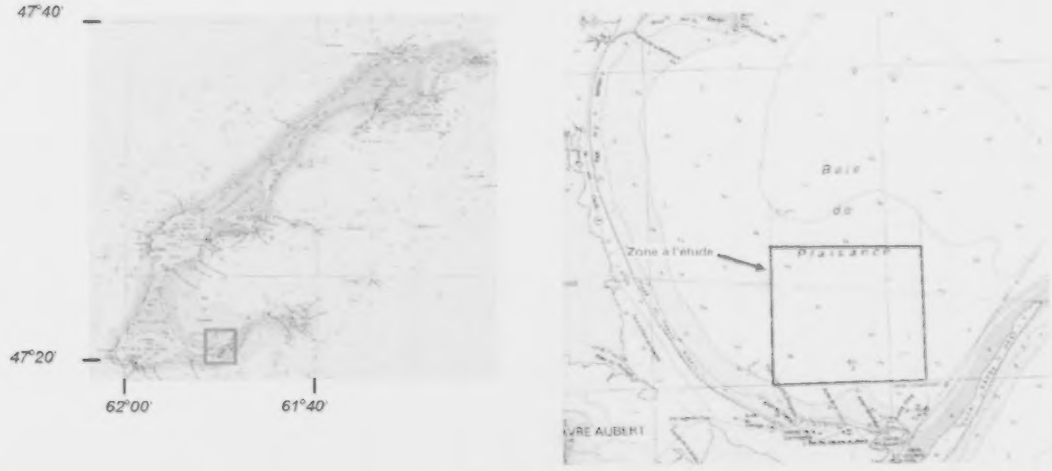


Figure 1. Localisation du secteur à l'étude dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine (Québec) pour le projet de compensation de perte d'habitat par des récifs artificiels pour le homard.

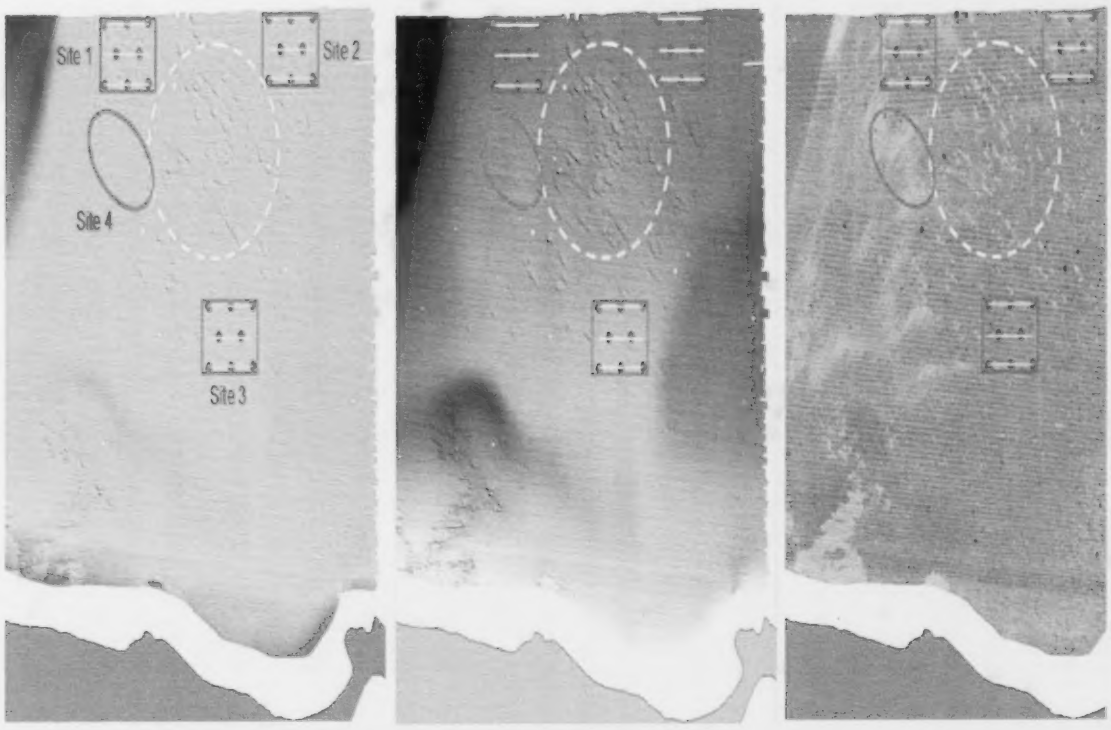


Figure 2. Cartes de la bathymétrie, du relief et de la réflectivité provenant des relevés multifaisceaux (Kongsberg EM-3002) effectués dans la zone d'étude (encadré de la Figure 1) par le Service Hydrographique du Canada en 2008. Carrés rouges : sites potentiels étudiés (300 m x 400m); ellipse rouge : 4e site ajouté; cercle en pointillés blancs : amas de roches (déblais d'un ancien quai). Les lignes et les points représentent l'emplacement des transects et des sites d'échantillonnage des sédiments tels qu'établis dans le protocole de travail.

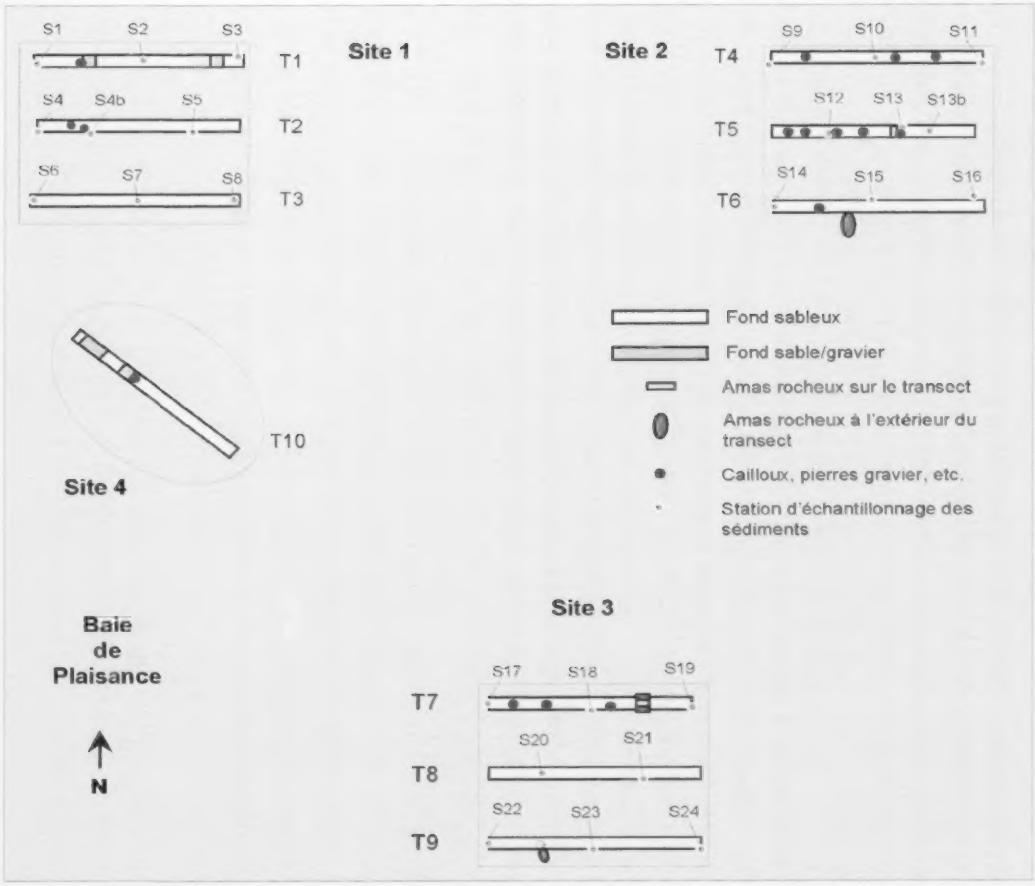


Figure 3. Représentation des transects (T1 à T10) et des stations de prélèvement de sédiments (S1 à S24) effectués lors de la caractérisation des quatre sites potentiels à l'étude dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine (encadré de la Figure 1).

2.1.2 Caractérisation des sites

Afin de déterminer le meilleur emplacement pour la mise en place des récifs artificiels, les sites retenus lors de l'analyse des images ont été évalués. Les travaux de caractérisation des sites ont été réalisés en plongée sous-marine en octobre 2008. La détermination de la morphologie du fond, de la nature du substrat et l'identification et le dénombrement de l'épifaune ont été réalisés à partir d'images vidéo tournées le long de transects tandis que la caractérisation de l'endofaune a été faite à partir d'un échantillonnage de sédiments.

Transects vidéo

Trois transects de 250 m de long par 1 m de large ont été réalisés sur chacun des sites 1, 2 et 3 pour un total de neuf transects. Un dixième transect a été ajouté sur le 4^{e} site (Figure 3). Les coordonnées de ces transects ont été déterminées préalablement sur une carte et la profondeur des transects a varié entre 5,5 et 7,6 m (Annexe 2).

Les transects consistaient en une corde lestée portant des marques à chaque 10 m. Un bloc de béton muni d'une bouée de surface était déposé sur le fond à chaque extrémité du transect aux coordonnées préétablies. Le transect était ensuite déroulé sous tension entre les deux blocs. Les transects ont été filmés par un plongeur à l'aide d'une caméra sous-marine reliée à un écran et un enregistreur DVD se trouvant à bord du bateau pour un suivi en direct. Les échanges entre le plongeur et l'équipe à bord du bateau via un système de communication bidirectionnel ont également été enregistrés sur la bande audio du DVD. Les transects ont été filmés en suivant la corde lestée et la caméra était positionnée à une hauteur permettant une bonne visibilité du fond sur une largeur de 1 m.

La taille des organismes observés ainsi que la largeur du transect visible à l'écran ont été vérifiées à l'aide d'une règle manipulée par le plongeur. Dans le cas des organismes plus mobiles tels que les poissons, leur taille a été estimée relativement à la largeur du transect à l'écran (1 m). Les mesures prises par le plongeur étaient communiquées verbalement à l'équipe sur le bateau qui se chargeait de les noter.

Le plongeur effectuait également une description du fond pour chaque tronçon de 10 m qui était également communiquée à l'équipe sur le bateau. Les principales observations réalisées par le plongeur étaient :

- La nature des sédiments superficiels (évaluation visuelle) : vase, sable fin ou grossier, gravier, galet, roche, et leur distribution (homogène ou hétérogène);
- La morphologie et la rugosité du fond : présence de microtopographie, de structures sédimentaires (rides, etc.), fond lisse à très rugueux;
- La compacité des sédiments, soit la dureté des sédiments superficiels selon les catégories suivantes : très mou, mou, compact, très compact, dur (roche en place), évaluée par le degré de pénétration (en cm) dans les sédiments d'une règle en métal, enfoncée manuellement, en la poussant légèrement;
- Les structures biogéniques : pourcentage de recouvrement par les débris de coquillages, présence de siphons, bioturbations, présence d'algues;

- Pour chaque transect vidéo, les coordonnées géographiques, la profondeur d'eau, la date, l'heure de début et de fin du transect, les conditions météorologiques, la vitesse et la direction du vent, les conditions de la mer et la hauteur des vagues, la visibilité dans l'eau et la température de l'eau ont été notées.

Les enregistrements vidéo ont été visionnés par la suite afin d'identifier et de dénombrer tous les organismes visibles et confirmer les observations du plongeur.

Prélèvement, tamisage et analyse des échantillons de sédiments

Sur les sites 1, 2 et 3, des échantillons de sédiments ont été prélevés à 0, 125 et 250 m le long des deux transects extérieurs et à 60 et 190 m le long du transect central pour un total de 8 échantillons par site. Un prélèvement supplémentaire a été fait à 160 m sur le transect 5 (S13b) car le fond observé à cet endroit était différent (plus de pierres et de gravier). Un autre échantillon à 0 m (S4) a également été prélevé sur le transect 2. Un total de 26 échantillons de sédiments a donc été prélevé (Figure 3). Les coordonnées des différents prélèvements étaient prédéfinies. Aucun prélèvement de sédiments n'a été fait sur le transect 10 situé sur le site 4.

À chaque station d'échantillonnage des sédiments, un bloc de béton muni d'une bouée de surface était déposé au fond et la coordonnée réelle de la station était notée (Annexe 3). L'échantillonnage des sédiments a été fait par les plongeurs à l'intérieur d'une superficie de 0,25 m^2 à l'aide d'un gabarit circulaire enfoncé dans le sédiment jusqu'à une profondeur de 15 cm. Les sédiments (37,5 litres) étaient recueillis à l'aide d'une petite pelle, placés dans deux chaudières de 19 litres qui étaient ensuite refermées et remontées sur le bateau à l'aide d'un treuil. Un échantillon d'eau était également prélevé en ouvrant un pot de verre près du fond à la première station (S1) pour la mesure de la salinité de l'eau à l'interface eau-sédiments.

Les paramètres suivants ont été observés ou mesurés durant l'échantillonnage des sédiments: les coordonnées géographiques, la profondeur d'eau, la date et l'heure de l'échantillonnage, les conditions météorologiques, la vitesse et la direction du vent, les conditions de la mer, la hauteur des vagues et la température de l'eau. Une description visuelle des échantillons de sédiments a été notée : la texture, la couleur, l'odeur, la consistance, la présence de débris ou d'organismes marins.

Les sédiments récupérés ont été immédiatement tamisés avec un tamis de 1 mm. La fraction < 1 mm a été jetée. Le contenu des tamis a été récupéré et un premier tri a été fait pour retirer les roches. Les échantillons ont été transportés dans une glacière jusqu'au laboratoire. Au laboratoire, les échantillons ont été tamisés de nouveau sur une maille de 5 mm. Le passant a été préservé dans une solution d'éthanol dénaturée à 70% et transmis à l'Institut Maurice-Lamontagne, MPO à Mont-Joli pour une analyse ultérieure.

Tous les organismes retenus par la maille de 5 mm ont été triés, identifiés et dénombrés (laboratoire de CJB Environnement Inc.). Lorsque possible, les organismes étaient identifiés à l'espèce, sinon, à des niveaux taxonomiques plus élevés (au genre, à la famille ou ordre) (Annexe 4).

2.1.3 Analyse des données

Transects filmés : Sur l'ensemble des transects de chaque site, le nombre total de mètres carrés de chaque type de fond (sableux, sable/gravier et amas rocheux) a été calculé. Pour chaque espèce observée, une densité par mètre carré par type de fond a été calculée pour chacun des sites. Une densité totale par espèce et par type de fond a également été calculée sur l'ensemble des quatre sites (somme des abondances d'une espèce donnée / somme des superficies pour un type de fond donné).

Concernant les lunaties, le Bernard l'hermite et les étoiles de mer, les densités ont été parfois sous-estimées. En effet, sur les sites 1 et 2, une quantité indénombrable de petits individus a été observée sur certaines parties des transects, mais aucune estimation n'a été notée. Une densité a donc été calculée comme suit : deux catégories d'individus ont été créées pour chacun de ces trois taxons : les petits individus (< 2,5 cm) et les grands individus (> 2,5 cm). Pour calculer la densité par mètre carrés des petits individus, les parties des transects où ils n'ont pas pu être dénombrés ont été soustraites de la superficie totale ce qui a permis d'établir une densité minimale de petits individus. Elle a été ensuite additionnée à la densité par mètre carré calculée pour les grands individus. Les densités calculées de cette façon sont donc sous-estimées et sont soulignées en gris dans les tableaux et sont en rouge sur les figures.

Échantillonnage des sédiments : Pour chaque espèce identifiée dans les sédiments, une densité moyenne par mètre carré a été calculée pour chaque site, à partir des densités observées à chaque station d'échantillonnage. Une densité moyenne pour chaque espèce a ensuite été calculée pour l'ensemble des trois sites échantillonnés (moyenne des densités des 26 stations).

2.2 RÉSULTATS

2.2.1 Généralités

La visibilité sous l'eau était excellente tout au long des travaux. Elle a varié entre 12 et 15 m lors des enregistrements vidéo. La température de l'eau était d'environ 12°C et la salinité de l'eau, mesurée dans un échantillon prélevé à la station S1, était de 30 psu.

2.2.2 Caractérisation des sites

Transects vidéo

L'analyse des enregistrements vidéo des transects réalisés a été axée sur deux aspects : la description de la nature des fonds et l'identification des organismes épibenthiques.

Nature des fonds

Trois types de fond ont été observés (Figure 3):

Fond sableux : C'est le type de fond le plus répandu dans chacun des trois sites. Il couvre de 97 à 99% de la superficie des transects 1 à 9 et 81% de la superficie du transect 10. Il s'agit d'un fond plat et homogène composé de sable fin. La microtopographie est caractérisée par la présence de rides de 3 à 5 cm de hauteur et espacées de 20 cm environ. Le sable constituant les premiers centimètres des sédiments était en général plus meuble.

A certains endroits, le sable situé entre 3 et 19 cm de profondeur pouvait être plus dur et plus compact qu'en surface. Autrement, le sable restait meuble sur une plus grande profondeur. Une bonne quantité de coquillages entiers et brisés a été observée. Il s'agissait principalement de couteau droit, de lunaties et de tests de dollar des sables. De plus, le sable contenait généralement une faible quantité de gravier.

Fond de sable/gravier : Sur les 2500 m de transects vidéo, seulement 72 m de ce type de fond a été observé. Des petits secteurs de sable/gravier ont été observés à l'occasion sur les sites 1 (transect 1) et 2 (transect 5), mais aucun sur le site 3. Cependant, 19% du transect 10 était constitué de ce type de fond. Dans la section sable/gravier du transect 5, on a noté la présence de quelques pierres plus grandes (8 à 12 cm), colonisées d'algues brunes filamenteuses. Le fond de sable/gravier est plus compact que le fond de sable, mais sa microtopographie était similaire au fond sableux.

Amas rocheux : Trois amas rocheux ont été observés. Le premier, d'environ 30 m x 30 m, touchait le transect 6 sur une longueur de 3 m. Le deuxième, d'une dimension de 14 m x 15 m, était traversé par le transect 7. Le troisième n'a pu être évalué précisément mais avait une largeur d'environ 12 m. Cependant, il n'y avait qu'une roche de cet amas qui se trouvait dans le transect 9. Les trois affleurements rocheux étaient de nature similaire et prenaient la forme d'amoncellements de roches formant des îlots dans le milieu sableux. Les roches pouvaient être assez grosses (> 60 cm de diamètre) et les espaces entre les roches pouvaient être remplis de sable.

Abondance des organismes épibenthiques

Pour faciliter la lecture, seul le nom commun des espèces est utilisé dans le document. L'Annexe 4 présente la liste complète des noms communs et scientifiques. L'abondance (densité) des organismes épibenthiques observée par type de fond et par transect est présentée aux Annexes 5 et 6. Il est à noter que la catégorie « poissons plats» regroupe différentes espèces de plies dont principalement la plie rouge ainsi que la limande à queue jaune.

Fond sableux (Figure 4, Annexe 5) : La faune épibenthique de ce type de fond était assez similaire d'un site à l'autre. Sur l'ensemble des quatre sites, les lunaties étaient les plus abondantes avec une densité totale d'au moins 0,2 individu/m^2 suivi du Bernard l'hermite (au moins 0,08 individu/m^2) et du dollar des sables (0,04 individu/m^2). Toutes les grandes lunaties (> 2,5 cm) étaient des *Euspira heros* tandis que les petites pourraient appartenir à d'autres espèces de la famille des Naticidae. Les poissons plats, le crabe commun et les étoiles de mer étaient en plus faible densité (0,01 à 0,02 individu/m^2). Un turbot de sable, deux merluches blanches et deux homards d'Amérique ont aussi été observés le long des transects. La densité totale des organismes sur les fonds sableux était de 0,38 individu/m^2. Elle a varié entre 0,21 et 0,57 individu/m^2 selon les sites. En ce qui concerne la végétation, seulement quatre plants de zostère ont été observés, dispersés à trois endroits sur les transects 8 et 9.

Fond de sable/gravier (Figure 5, Annexe 5) : Les espèces présentes sur les fonds de sable/gravier sont en partie les mêmes que celles observées sur les fonds sableux. Ceci est probablement dû au fait qu'il s'agit de petits secteurs situés dans un grand milieu uniforme sableux. Sur l'ensemble des quatre sites, la principale différence entre les fonds

sableux et les fonds de sable/gravier est la densité totale beaucoup plus faible de lunaties (0,03 individu/m^2) et de dollars des sables (0,01 individu/m^2) et la densité plus grande de crabe commun et d'étoiles de mer (chacun 0,04 individu/m^2) sur les fonds de sable/gravier. Les résultats entre les sites sont plus hétérogènes que ce qui a été observé sur les fonds sableux. La densité totale des organismes sur les fonds de sable/gravier était de 0,27 individu/m^2. Le peu de données provenant du milieu sable/gravier (72 m^2 contre 2410,5 m^2 pour le milieu sableux) en limite cependant l'interprétation.

Les amas rocheux (Figure 6, Annexe 5) : Les amas rocheux étaient peu fréquents (17,5 m^2 contre 2410,5 m^2 pour le fond sableux). Très peu de données sont disponibles pour caractériser ce type de fond. Malgré tout, on a observé un assemblage d'espèces totalement différent des deux autres types de fonds. Les taxons les plus communs dans le sable (lunaties, Bernard l'hermite, dollar des sables et poissons plats) y étaient absents. Par contre, sur l'ensemble des sites, il y avait une densité totale plus élevée du crabe commun (0,2 individu/m^2), des étoiles de mer (8,3 individus/m^2) et du homard (0,6 homard/m^2) par rapport aux deux autres types de fonds. Les homards ont été observés dans tous les affleurements rocheux. Ils s'abritaient sous les roches ou à l'intérieur de terriers creusés dans le sable sous les roches. Des poissons autres que les poissons plats, des oursins verts et des anémones étaient également observés à des densités totales de 1,3, 0,8 et 0,2 individu/m^2 respectivement. La catégorie « poissons autres» incluait probablement plusieurs espèces, mais les observations enregistrées sur les vidéos ne permettaient pas leur identification. Les amas rocheux étaient également colonisés par un très grand nombre d'organismes sessiles qui n'ont pas été comptés ni identifiés. Il s'agissait entre autres d'éponges et de moules. De plus, un assemblage probablement constitué de bryozoaires, d'hydrozoaires et d'algues formait une couverture filamenteuse brune sur les roches. La densité totale des organismes sur les fonds rocheux était de 11,4 individus/m^2, ce qui est environ 30 fois plus élevé que sur les fonds de sable et de sable/gravier.

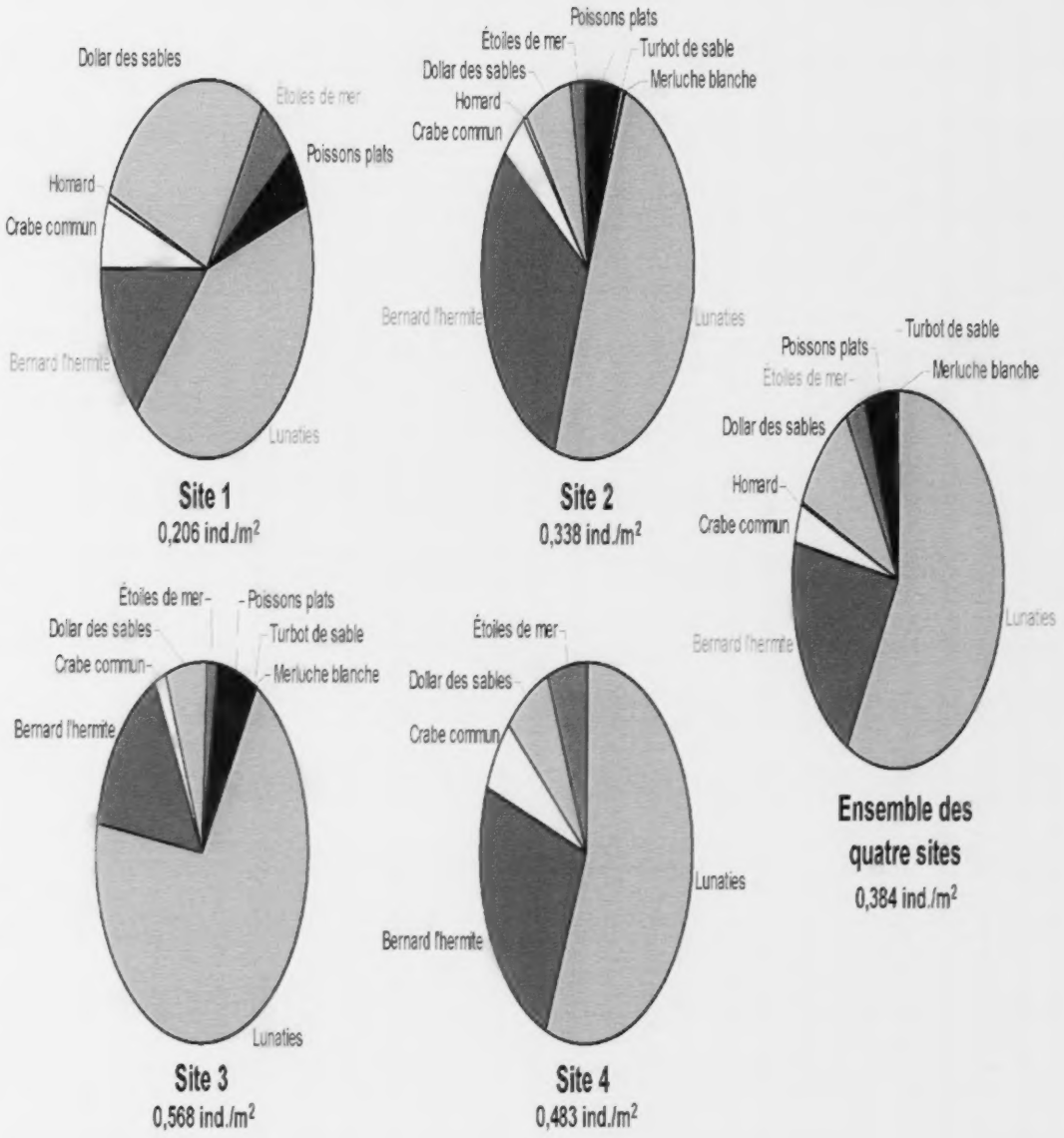


Figure 4. Abondance de la faune épibenthique des fonds sableux observée sur les images vidéo lors de la caractérisation des quatre sites à l'étude dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine. L'abondance totale (nombre/m^2) par site est indiquée. *Note : Les taxons en rouge sont sous-estimés.*

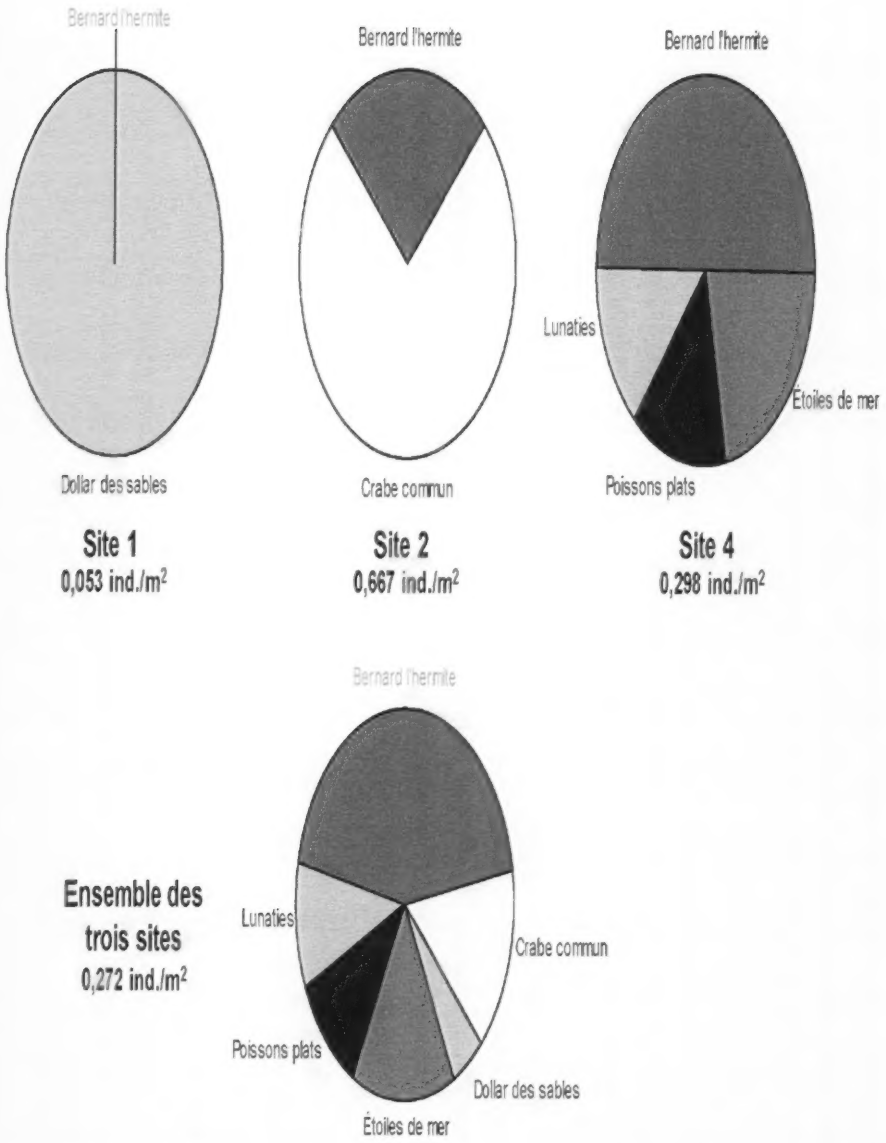


Figure 5. Abondance de la faune épibenthique des fonds de sable/gravier observée sur les images vidéo lors de la caractérisation des quatre sites à l'étude dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine. L'abondance totale (nombre/m^2) par site est indiquée. *Note : Les taxons en rouge sont sous-estimés. Il n'y avait pas de sable gravier au site 3.*

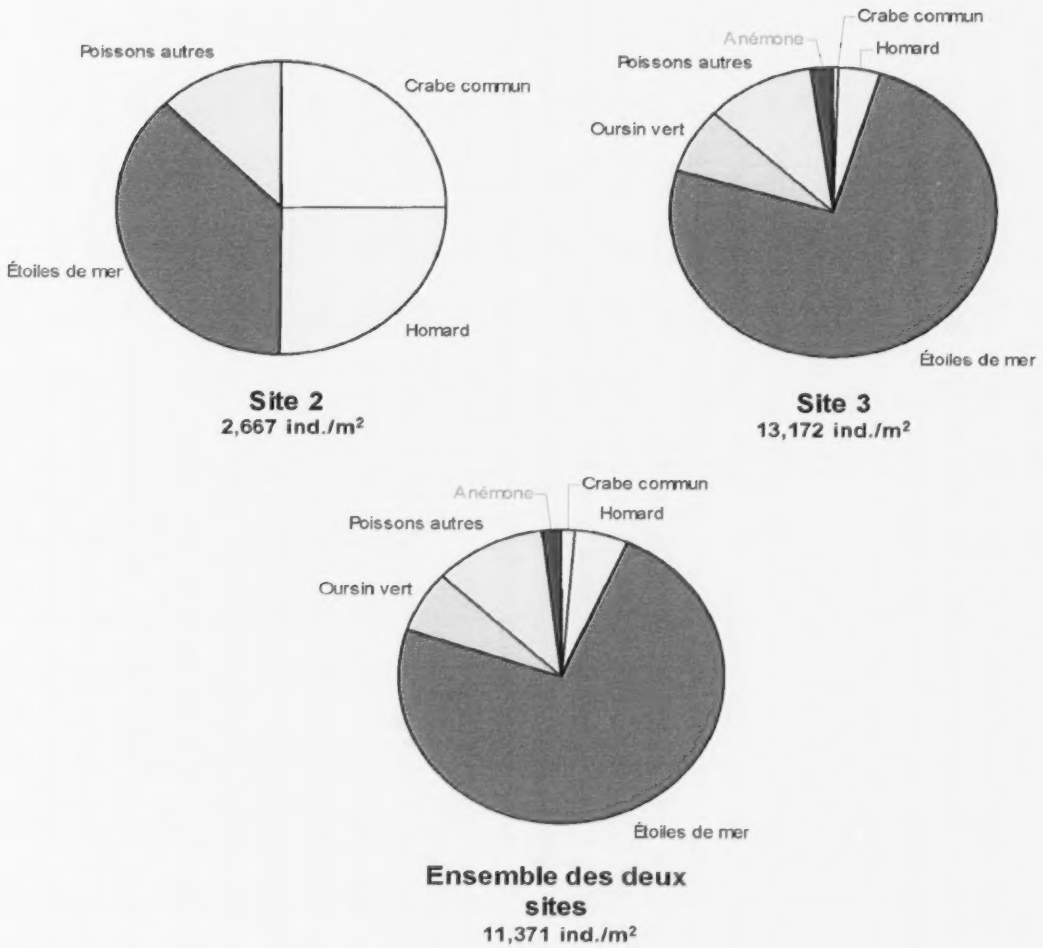


Figure 6. Abondance de la faune épibenthique des amas rocheux observée sur les images vidéo lors de la caractérisation des quatre sites à l'étude dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine. L'abondance totale (nombre/m^2) par site est indiquée. *Notes : 1) Un très grand nombre d'organismes sessiles n'ont pas été comptés ni identifiés à cause de leur grand nombre. Il s'agissait d'éponges, de moules et d'un assemblage d'organismes probablement constitué de bryozoaires, d'hydrozoaires et d'algues La catégorie « poissons autres » réfère aux petits poissons non identifiés qui ont été observés dans les transects. 2) Il n'y avait pas d'amas rocheux sur les sites 1 et 4.*

Sédiments et endofaune

Description des sédiments

La description visuelle des sédiments prélevés à chacune des 26 stations échantillonnées est présentée à l'Annexe 7. Les sédiments étaient en général constitués de sable fin, voire très fin, ou d'un mélange de sable avec du gravier ou des petites roches.

Endofaune

La densité des différentes espèces récoltées dans les sédiments est présentée aux Annexes 8 et 9. Dans l'ensemble, les résultats sont assez semblables d'un site à l'autre (Figure 7). Le couteau droit, le dollar des sables et les polychètes sont les trois espèces les plus abondantes, avec des densités moyennes (± erreur-type) pour l'ensemble des sites de 36,5±3,8, 21,5±2,3 et 20,5±2,9 individus/m^2, respectivement. Les lunaties, la fausse vénus et les platyhelminthes étaient aussi en nombre important, avec 7,1±1,3, 5,5±1,0 et 4,5±0,9 individus/m^2 respectivement (Annexe 9). Ces résultats sont cohérents avec les observations faites sur les transects vidéo qui montraient l'importance des lunaties et du dollar des sables. Malgré la présence de crustacés (Bernard l'hermite, crabe commun et homard) sur les transects vidéo, un seul Bernard l'hermite a été récolté sur l'ensemble des sites. Même si certains d'entre eux ont la capacité de s'enfouir, il s'agit d'organismes mobiles capables de déplacements rapides qui généralement ne font pas partie intégrante de la faune endobenthique.

La densité totale des dollars des sables était beaucoup plus élevée dans les échantillons de sédiments (21,5±2.3 individus/m^2) que dans les transects vidéo (0,04 individu/m^2) (Annexes 5 et 9). Les individus de cette espèce s'enfouissent légèrement dans le sable et l'analyse des sédiments permet de dénombrer des individus plus petits qui passent inaperçus sur les vidéos.

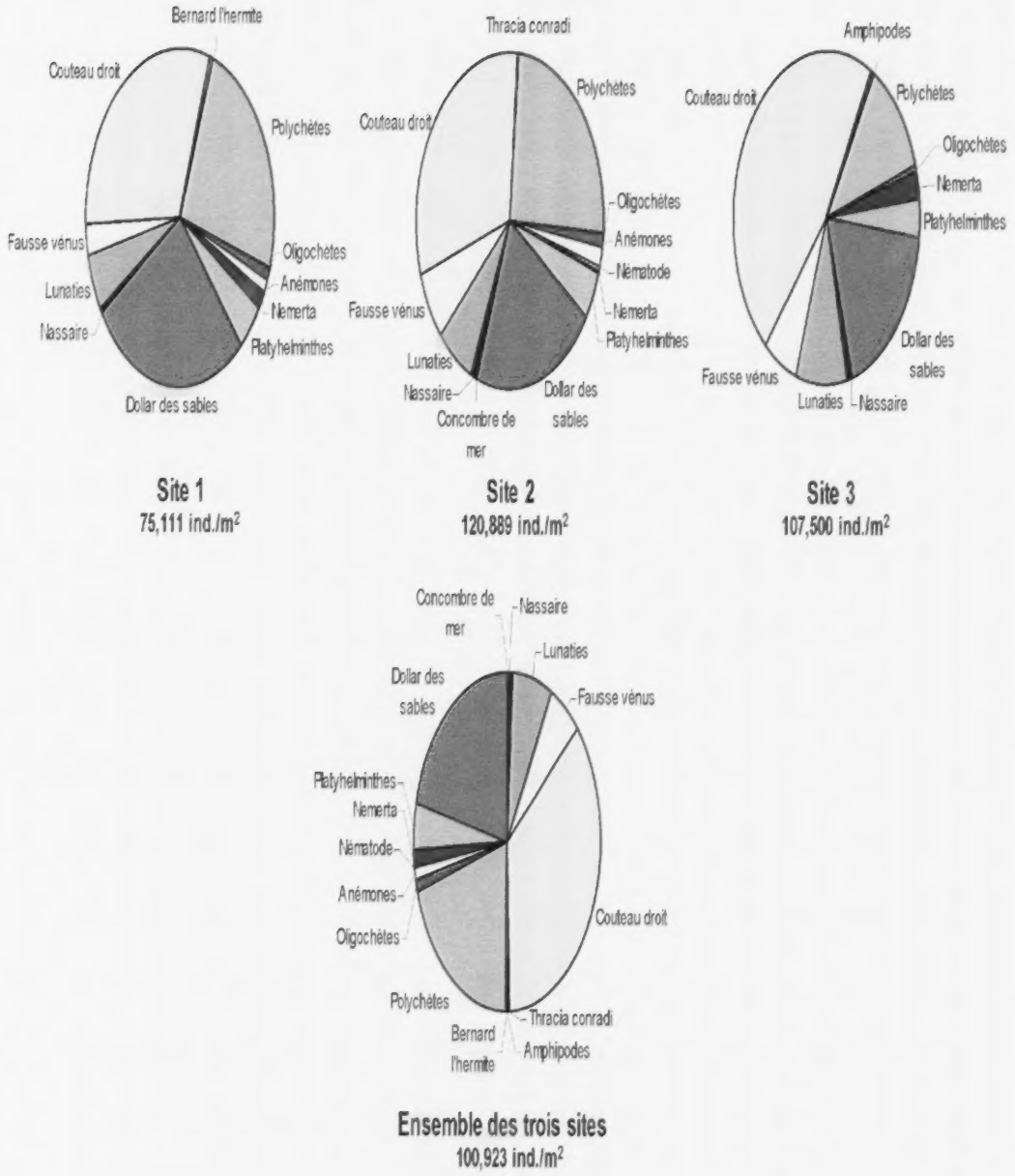


Figure 7. Abondance de l'endofaune identifiée dans les sédiments prélevés sur les sites 1, 2 et 3 dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine. L'abondance totale (nombre/m^2) par site est indiquée. *Note : Aucun prélèvement n'a été fait sur le site 4.*

2.3 CONCLUSION

La caractérisation du fond marin par transects vidéo et par prélèvement de sédiments indique que les sites 1, 2 et 3 étaient des milieux similaires composés majoritairement d'un fond de sable plat et homogène. À quelques endroits, la proportion de gravier mélangé au sable était plus grande mais ce type de fond ne représentait qu'une faible superficie. La faune présente dans ces milieux était dominée par des espèces typiques et communes de ce genre d'habitat telles que le couteau droit, la fausse vénus, les lunatics, le dollar des sables, le Bernard l'hermite et les poissons plats. Dans les sédiments, l'endofaune est apparue assez abondante et diversifiée.

Les amas rocheux observés aux sites 2 et 3 abritaient une épifaune très différente de celle des fonds sableux. Il est intéressant de noter la présence de homards dans ces amas, ce qui indique que des nouveaux récifs établis à cet endroit auraient des chances d'être colonisés par des homards. On peut postuler que la présence de récifs dans ce secteur aura un effet positif pour le homard et augmentera l'habitat disponible pour ce dernier.

L'utilisation des cartes de réflectivité s'est avérée être un outil intéressant pour repérer les différents types de fonds. Ainsi, le 10^{e} transect ajouté s'est révélé avoir la plus grande proportion de sable/gravier et un fond plus compact que les trois autres sites. De plus, par sa compacité plus élevée, ce type de milieu a été jugé plus adéquat pour la construction de récifs et plus apte à supporter le poids des matériaux rocheux.

Le secteur visé de la baie de Plaisance représente, selon les données, un endroit propice pour l'installation de récifs artificiels pour le homard. Le type de fond le plus approprié pour installer les récifs serait un fond de sable/gravier. Par conséquent les secteurs des transects 5 et 10 ont été considérés comme étant les meilleurs endroits pour la mise en place des récifs artificiels.

3 DEUXIÈME VOLET : CONCEPTION ET MISE EN PLACE DES RÉCIFS ARTIFICIELS

Ce deuxième volet décrit la conception des récifs artificiels et la procédure utilisée pour leur mise en place sur les sites choisis. Il décrit également la procédure utilisée pour effectuer la localisation géographique et la description physique des récifs juste après leur mise à l'eau, afin d'avoir une point de comparaison pour les suivis ultérieurs. Les travaux de mise en place se sont échelonnés de la mi-septembre à la fin octobre 2009 (Annexe 1).

3.1 METHODOLOGIE

3.1.1 Conception des récifs artificiels

Le type de récif artificiel retenu pour le projet est inspiré de celui qui a été utilisé dans la baie de Boston dans le cadre d'un projet de compensation pour perte d'habitat (Barber *et al.* 2009a). Chaque récif est constitué d'amas de pierres de différentes tailles afin de créer un récif multigénérationnel pouvant accueillir tous les stades de vie benthique du homard. Les travaux de Wahle (1992) ont montré qu'il existait une relation directe entre la taille du homard et la taille des roches constituant son abri et que localement, la distribution d'abris de différentes tailles pouvait conditionner le type de structure démographique rencontrée. Ainsi, en fournissant au homard des abris de différentes tailles, on lui donne l'opportunité de compléter en un même endroit, sa phase de vie benthique.

Chaque récif mesure 20 m par 10 m et est divisé en 5 sections. La section centrale mesure 5 m de largeur et est constituée de petites pierres de 10 à 20 cm de diamètre. Chacune des sections adjacentes mesure 4 m de largeur et est constituée de pierres de dimension moyenne (20 à 40 cm de diamètre). Chacune des sections à l'extrémité du récif mesure 3,5 m de largeur et est composée de grosses pierres (40 à 75 cm de diamètre) (Figure 8). La hauteur approximative prévue était d'environ 0,3, 0,5 et 1,0 mètre pour les sections de petites, moyennes et grosses roches, respectivement. À titre d'information, le volume de pierres utilisé pour chaque section est présenté à l'Annexe 10. Parallèlement à ces récifs multigénérationnels, 30 blocs de béton de 40 cm de côté ont été ajoutés à l'extrémité de deux des huit récifs pour un total de 60 blocs (Figure 8). Ces blocs présentent une excavation d'environ 5 cm dans leur partie inférieure, créant un espace entre le bloc et le fond, permettant à un ou des homards (petits ou gros) de s'y abriter. Ils sont aussi munis d'une poignée de corde sur le dessus pour en faciliter la manipulation. Ces récifs sont utilisés dans des projets de compensation dans la région du Golfe (Michel Comeau, MPO, région du Golfe, communication personnelle). Le but était d'évaluer la performance de ce type de récif dans un milieu sableux.

3.1.2 Mise en place des récifs artificiels

Le choix de l'emplacement des récifs a été déterminé à partir de la caractérisation du milieu réalisé en 2008 (CJB Environnement Inc. 2009) et décrit plus haut (Premier Volet). Ainsi, quatre récifs (A, B, E et G) ont été installés dans le secteur du transect 10 et seront appelés par la suite « récifs ouest ». Quatre autres récifs (C, D, F et H) ont été placés dans le secteur du transect 5 et seront appelés par la suite « récifs est » (Figure 9). Chacun des sites a été validé auprès des membres de l'APPIM pêchant dans ce secteur

pour ne pas nuire à leurs activités. Il a également été convenu avec l'APPIM de ne pas effectuer de pêche dans les secteurs des récifs pendant trois ans pour ne pas nuire aux suivis des aménagements.

La mise en place des récifs a été réalisée en trois étapes : 1) la préparation de la pierre en carrière et son transport sur le site des travaux, 2) l'aménagement des récifs sur le fond marin et 3) le suivi de conformité des travaux et la description des récifs au temps zéro. Chacune des étapes est décrite ci-après.

Préparation de la pierre et transport

Les pierres utilisées pour les récifs artificiels avaient un diamètre de 10 à 75 cm. La préparation de la pierre s'est faite dans une carrière locale. Les pierres de taille moyenne (20 à 40 cm) et de grosse taille (40 à 75 cm) étaient triées sur place (Annexe 11, photographies 1 et 2). Les plus petites (10 à 20 cm) étaient obtenues par tamisage mécanique. Les pierres étaient chargées sur des camions semi-remorques pour être pesées et transportées au port de Havre-Aubert, endroit désigné comme lieu de stockage temporaire de la pierre et comme port d'attache pour les équipements flottants. Elles étaient placées en pile avec le numéro du bordereau (pesée) peinturé pour permettre le contrôle des quantités au moment de leur chargement sur la barge (Annexe 11, photographies 3 et 4). Cette opération était réalisée à l'aide d'une pelle mécanique placée sur le quai (Annexe 11, photographie 5). Un lit de gravier a été mis en place sous la pelle mécanique afin d'éviter d'endommager le quai lors des opérations (Annexe 11, photographie 6). En tout, 58 voyages de camion ont été nécessaires pour transporter la pierre depuis la carrière jusqu'à Havre-Aubert.

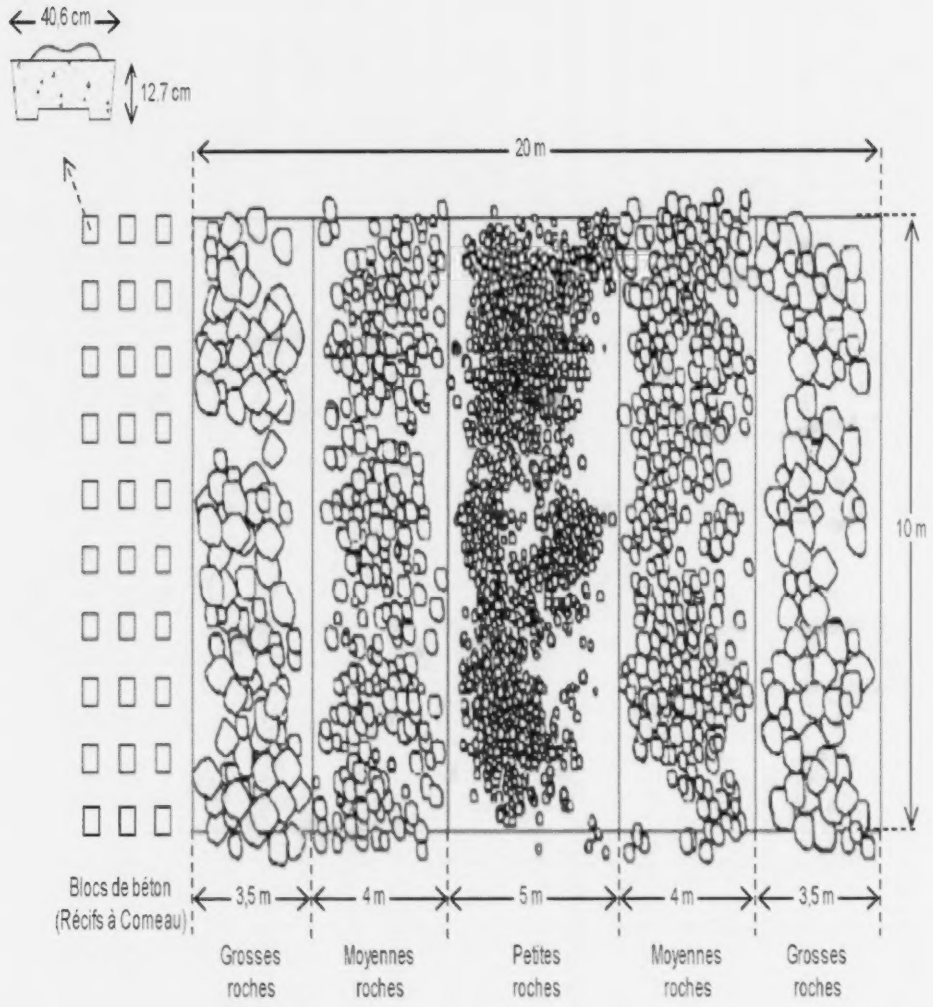


Figure 8. Représentation schématique d'un récif multigénérationnel pour le homard et dimensions des différentes sections de roches. Coin supérieur gauche : schéma d'un bloc de béton.

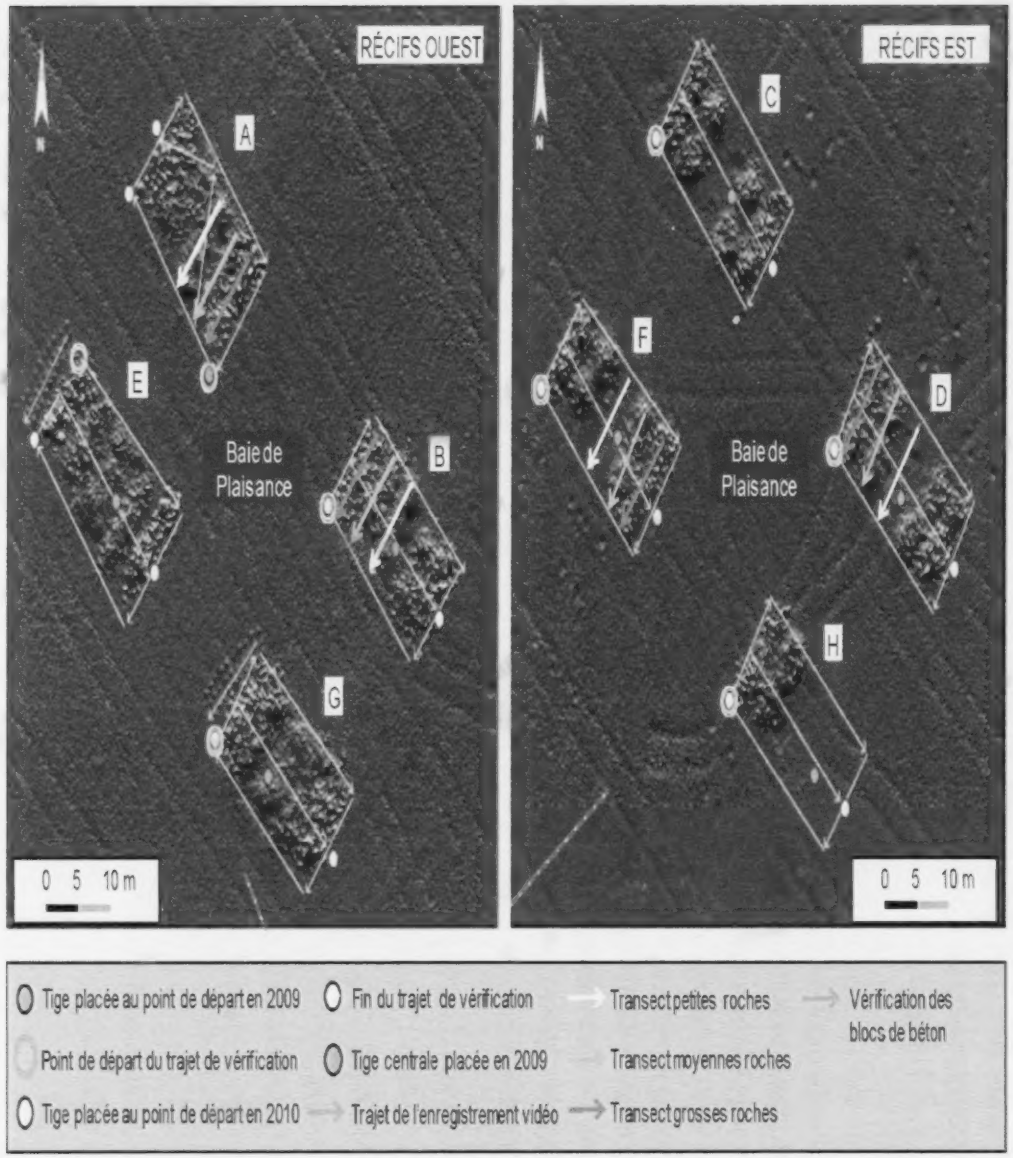


Figure 9. Images du relief du fond (EM-3000) montrant les récifs artificiels aménagés à l'automne 2009 dans la baie de Plaisance.

Note : les récifs est n'étaient pas complétés lors du relevé et c'est pourquoi il manque des sections de roches sur les images.

Aménagement des récifs sur le fond marin

L'ensemble des travaux a été réalisé à l'aide d'une barge munie de piliers d'ancrage, d'un remorqueur et de pelles mécaniques (Annexe 11, photographies 7 et 8). L'opération d'aménagement des récifs a débuté par l'installation de bouées à l'aide d'un instrument d'arpentage précis à chacun des coins des récifs selon les coordonnées identifiées sur le plan par TPSGC (Annexe 12). Les bouées ont ensuite été reliées entre elles par des câbles avec des marques à des distances précises pour délimiter chacune des sections du récif destinées à accueillir des pierres de tailles différentes.

Chacun des récifs a été construit en trois étapes. Dans un premier temps, l'entrepreneur apportait à bord de la barge suffisamment de grosses et moyennes pierres (sections de 3.5 m et de 4 m de largeur) pour mettre en place un premier côté du récif. Les pierres étaient déposées directement sur le fond à l'aide de la pelle mécanique. L'entrepreneur répétait la même opération afin de mettre en place l'autre côté du récif. La dernière étape consistait à placer la section de petites pierres au centre du récif. Les opérations étaient suivies en tout temps par un plongeur afin de s'assurer de respecter les repères placés au fond et de répartir uniformément la pierre à l'intérieur du rectangle. Environ une journée et demie était nécessaire pour aménager chaque récif. En tout, près de 1200 t de pierres, toutes tailles confondues ont été utilisées pour aménager les huit récifs. Le volume de pierres variait de 142 t à 151 t par récif (Annexe 10). En général, l'écart entre le volume de pierres réellement utilisé pour chacune des sections sur chacun des 8 récifs et le volume théorique est demeuré faible (< 3 %).

Trois rangées de dix blocs de béton (récifs à Comeau) ont été placées à l'extrémité nord-est des récifs E et G. Les blocs étaient séparés les uns des autres par une distance d'un mètre (Figure 8).

Vérification du niveau bathymétrique

Un relevé bathymétrique a été réalisé par le Services hydrographique du Canada (SHC) à l'aide du sondeur multifaisceaux Kongsberg EM-3002, le 10 octobre 2009, un peu avant la fin des travaux de mise en place des récifs (Figure 9) et un autre a été effectué par le Service de dragage et levés hydrographiques de TPSGC immédiatement après la fin des travaux. L'objectif de ces relevés était de vérifier la hauteur des récifs et de s'assurer que les aménagements ne dépassaient pas la limite inférieure de 4,3 m sous le zéro des cartes exigée en vertu de la *Loi sur la Protection des eaux navigables*. Des travaux correctifs ont été réalisés par l'entrepreneur le 19 novembre 2009 pour éliminer des surcotes afin de respecter la profondeur d'eau minimale exigée.

3.1.3 Suivi de conformité des travaux et description des récifs après leur mise à l'eau

Localisation géographique des récifs

Pour effectuer la localisation géographique réelle des récifs, un bloc de béton muni d'une bouée de surface a été déposé à chaque coin des récifs par un plongeur. Le bateau se dirigeait sur chacune des bouées, la corde de cette dernière était tendue à la verticale pour s'assurer d'être bien au-dessus du coin et la position était enregistrée à l'aide du système

DGPS du bateau (Annexe 12). En général, les différences entre les positions prévues et les positions réalisées étaient négligeables (< 1 m).

Description de l'habitat entourant les récifs

L'habitat en périphérie de chaque récif a été caractérisé en plongée sous-marine à dix endroits précis (Figure 10) à l'aide d'images vidéo et des observations faites par le plongeur. Les caractéristiques suivantes ont été notées :

- La compacité des sédiments superficiels : déterminée en enfonçant une règle en métal de 1 m dans le sédiment et en notant jusqu'à quelle profondeur celle-ci pouvait être enfoncée manuellement en la poussant légèrement.
- La nature du fond et le pourcentage de gravier.
- La hauteur des roches du récif : mesurée à l'aide d'une règle de 1 m. Cette hauteur représente la hauteur maximale observée par le plongeur sur une distance d'environ 4 m (selon la visibilité dans l'eau) vers l'intérieur du récif.

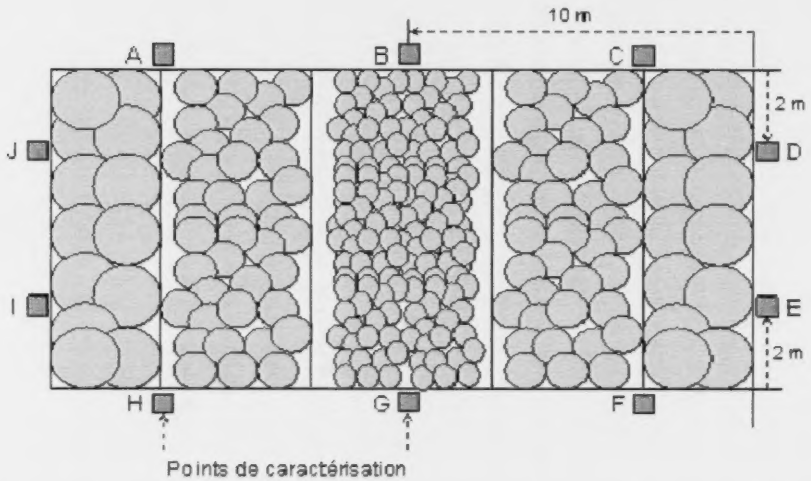


Figure 10. Points de caractérisation (A à J) de l'habitat entourant les récifs mis en place dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine.

Descriptions des sections

La description des sections des récifs a été réalisée à l'aide de transects enregistrés sur vidéo. Pour chaque récif, un plongeur filmait le périmètre du récif et le long d'un transect traversant le centre du récif dans le sens de la longueur (flèches bleues sur la Figure 9).

En parcourant le périmètre du récif, le plongeur notait la largeur des différentes sections à l'aide d'une règle de 1 m placée sur le fond de façon successive. La longueur des sections qui correspond à la largeur du récif, a été mesurée de la même façon.

3.2 RÉSULTATS

La position et l'agencement des roches sont visibles à l'aide des sondages (Figure 9). De façon générale, les récifs artificiels ont été aménagés conformément aux plans et devis. Les pierres ont été placées selon leur catégorie à l'intérieur de leur rectangle respectif et ont été étalées sur au moins 80% de la superficie. On note toutefois, par endroit, certaines imprécisions. Dans certains cas, un chevauchement de différentes catégories de pierres a été observé à la limite des différentes sections. De plus, il y avait souvent à l'intérieur des sections deux monticules adjacents correspondant à des dépôts de roches distincts ce qui laissait des zones sans roches à plusieurs endroits. Des roches plus grandes que prévues étaient présentes dans les différentes sections : des roches de plus de 1 m de diamètre ont été retrouvées dans les sections des grosses roches et des roches jusqu'à 30 cm de diamètre ont été retrouvées dans les sections de petites roches. La hauteur maximale finale des récifs était un peu plus élevée que prévue, atteignant en certains endroits 1,5 m dans le secteur des grosses roches. Les observations sont consignées à l'Annexe 13.

3.2.1 Superficie aménagée

Chaque récif possède une superficie approximative de 200 m^2 (10 m x 20 m) pour un total de 1600 m^2 de superficie aménagée. Cependant, les quatre récifs d'un site sont séparés de 20 m dans leur axe long et de 17,5 m dans leur axe court afin de laisser une zone de substrat meuble entre les récifs (Annexe 14). Cette zone autour du récif est considérée comme faisant partie intégrante du rayon d'action des récifs. Cette zone de substrat meuble pourrait constituer une aire de transition entre les récifs et servir pour l'alimentation du homard ou d'autres espèces. Cependant, ce rayon d'action n'étant pas établi de façon précise, il ne peut être considéré dans le calcul de la superficie aménagée.

3.2.2 Observations fauniques

Le suivi réalisé par CJB Environnement Inc. immédiatement après la mise en place des récifs n'incluait pas l'identification de la faune présente sur les récifs. Cependant, divers organismes ont été observés et notés durant les plongées (Annexe 15). Les aménagements étant récents, aucun organisme sessile n'a été observé à l'exception de petits bryozoaires et/ou hydrozoaires sur certaines grosses roches. Par contre, des hémitriptères, des crabes communs, des Bernard l'hermite et quelques homards ont été observés sur les récifs. Les espèces rencontrées en périphérie des récifs étaient les mêmes que celles observées lors de l'étude de caractérisation du milieu (lunaties, Bernard l'hermite et dollar des sables).

3.3 CONCLUSION

Le concept de récifs multigénérationnels qui a été retenu pour le projet de compensation a été inspiré d'un projet réalisé dans le port de Boston. Les résultats du suivi de conformité montrent que le plan qui a été conçu était techniquement réalisable. Les huit récifs qui ont été aménagés l'ont été conformément au devis. La technique retenue pour la mise à l'eau des pierres, qui consistait à déposer les pierres directement sur le fond à l'aide d'une pelle mécanique a permis de respecter les dimensions de chacune des sections des récifs. Le sondage multifaisceaux (EM-3002) réalisé au-dessus des récifs a permis d'obtenir une bonne représentation de leur organisation sur le fond. Ce type de sondage constitue un outil de premier ordre pour évaluer ce genre de travaux.

4 TROISIÈME VOLET : SUIVI DES RÉCIFS ARTIFICIELS

Pour mesurer l'efficacité du projet de compensation, un programme de suivis sur une période de trois ans après la réalisation du projet a été mis en place. Ces suivis avaient pour objectifs d'évaluer l'efficacité des récifs en termes de colonisation, de vérifier que ce type de récif offrait un milieu de vie propice aux différentes générations de homards et de s'assurer de leur pérennité (ensablement et intégrité).

Deux suivis distincts ont été effectués: 1) Un suivi de deux ans de l'état général des récifs en termes d'ensablement, de disposition et de colonisation par la flore et la faune épibenthiques et 2) un suivi de trois ans des populations de homard en termes de déposition benthique et d'occupation (présence des différentes cohortes). Le premier suivi a été fait par TPSGC et le second par le MPO.

4.1 SUIVI DE L'ÉTAT GÉNÉRAL DES RÉCIFS

4.1.1 Méthodologie

CJB Environnement Inc. a réalisé un suivi général de l'état des récifs, sur deux ans après leur mise en place. Le premier examen a eu lieu en août 2010 (1 an après l'installation) et le second en septembre 2011 (2 ans après l'installation). Les examens ont été effectués en plongée sous-marine et tous les travaux et observations ont été filmés et enregistrés sur DVD. Les communications entre le plongeur et l'équipage du bateau via un système de communication bidirectionnel ont également été enregistrées sur la trame sonore du DVD. Pour chaque plongée, les paramètres suivants ont été observés ou mesurés : la date, l'heure de début et de fin de la plongée, la profondeur et la température de l'eau, la visibilité et les conditions météorologiques (vitesse et direction du vent, hauteur des vagues). Dans tous les cas, CJB Environnement Inc. appliquait les protocoles élaborés par le MPO-Sciences et approuvés par le comité technique (voir Préface).

État général et disposition des récifs

La vérification de la disposition générale des huit récifs a été réalisée en répétant les séquences vidéo qui ont été prises lors de l'analyse de conformité (voir section 1.3.3 du 2^{e} volet; flèches bleues sur la Figure 9). En parcourant le périmètre du récif, le plongeur a précisé sa position en indiquant chaque transition de substrat (grosses, moyennes et petites roches) et chaque coin. La caméra était orientée de façon à obtenir une vue de la bordure du récif incluant la transition sable-roche.

En effectuant le transect central du récif sur sa longueur (20 m), le plongeur précisait aussi sa position en indiquant chaque transition de substrat (grosses, moyennes et petites roches). La caméra était orientée de façon à voir le récif sur une largeur de 1 à 2 m.

Des images vidéo montrant simultanément les trois rangées de blocs de béton situées à l'extrémité des récifs E et G ont été prises en parcourant la largeur du récif (10 m).

Ensablement

Deux phénomènes pouvaient affecter la pérennité des récifs, soit le recouvrement par le sable déplacé par les vagues et les courants et l'enfoncement des pierres et blocs dans le substrat. Différentes mesures ont donc été effectuées pour vérifier ces deux phénomènes.

Un sondage multifaisceaux (Kongsberg EM-3002) similaire à celui de 2009 a été effectué en 2011. Les données de bathymétrie des deux relevés ont été comparées. Les différences d'élévations entre les deux relevés pour un même pixel ont été calculées. Une carte des différences a été compilée afin d'illustrer la dynamique des sédiments autour des récifs, permettant ainsi de prévoir un éventuel enfoncement ou un recouvrement de ces derniers.

En 2009, lors de la vérification de conformité des récifs, une tige de métal de 1,5 m de longueur a été enfoncée dans le substrat sur environ 50 cm au centre de chaque récif. La hauteur finale de la tige par rapport au fond a été notée à ce moment et lorsque c'était possible, la hauteur de la partie de la tige plus haute que l'enrochement a également été mesurée. La vérification de l'ensablement des structures a été faite 2010 et 2011 en mesurant, à l'aide d'une règle, la hauteur de ces tiges. Les mesures ont été effectuées à partir du fond et/ou de la surface des pierres jusqu'au sommet de la tige et comparées entre les années.

L'ensablement des blocs de béton a été mesuré en prenant la hauteur du coin nord-est de chacun des blocs de la rangée centrale soit dix blocs sur le récif E et dix blocs sur le récif G. Lorsque les blocs étaient complètement ensevelis, mais visibles grâce à leur poignée qui dépassait à la surface du sable, leur niveau d'ensablement a été mesuré en notant la profondeur du recouvrement de sable au-dessus de ces blocs. Sur place, les plongeurs ont également collecté des données sur les blocs des autres rangées.

Colonisation par la flore et la faune

Échantillonnage par transects

Un échantillonnage par transects a été effectué en 2010 et 2011 afin d'évaluer l'abondance des différentes espèces observées. Sur les huit récifs mis en place, quatre ont fait l'objet d'un suivi, soit deux dans le secteur ouest et deux dans le secteur est. Trois transects juxtaposés (un par catégorie des roches) ont été réalisés sur chacun des récifs sélectionnés. Six transects ont donc été effectués dans les récifs est et six autres dans les récifs ouest (flèches jaunes, orange et rouges sur la Figure 9).

Les transects (corde plombée) mesuraient 10 m et étaient placés au centre de chaque catégorie de roches, orientés dans l'axe de leur plus longue dimension. L'échantillonnage a été effectué sur une largeur de 2 m (1 m de part et d'autre du transect) pour une superficie totale d'échantillonnage de 20 m^2 par transect. Les plongeurs, un de chaque côté du transect, ont identifié et dénombré tous les organismes rencontrés sur la surface des roches ainsi que dans les interstices. Les roches n'ont pas été retournées. Une appréciation qualitative était utilisée par les plongeurs lorsque le nombre d'individus d'une espèce était trop important pour faire un dénombrement précis.

Les homards ont été catégorisés à l'aide d'un gabarit en trois classes de taille correspondant à la longueur du céphalothorax (du fond de l'orbite de l'œil à la base du céphalothorax): < 50 mm, 50-83 mm et > 83 mm (taille commerciale). Les crabes

communs étaient également classés à l'aide d'un gabarit en deux catégories de taille soit : < 50 mm et ≥ 50 mm de largeur de carapace (mesurée dans sa partie la plus large). Tous les transects ont été filmés avant de procéder aux dénombrements.

En 2010, l'échantillonnage a été réalisé sur les récifs A et G (récifs ouest) et sur les récifs C et F (récifs est). Les transects effectués sur les récifs A et F étaient sur la moitié nord-ouest des récifs. Sur les récifs G et C les transects se situaient dans la moitié sud-est des récifs. Ces choix ont été faits de façon aléatoire.

En 2011, l'échantillonnage a été réalisé sur les récifs A et B (récifs ouest) et sur les récifs D et F (récifs est). De ces quatre récifs, deux avaient fait l'objet d'un examen en 2010. Aux récifs A et F les transects étaient sur la moitié sud-est des récifs, tandis que pour les récifs B et D les transects se trouvaient sur la moitié nord-ouest des récifs. Ces choix ont également été faits de façon aléatoire.

Échantillonnage par quadrats

L'échantillonnage par quadrats a été effectué uniquement en 2010. Sur deux des récifs (F et G) utilisés pour l'échantillonnage par transects, trois quadrats de 50 cm x 50 cm (délimités à l'aide d'un gabarit carré) ont été déposés à une distance de 2,5 m, 5 m et 7,5 m à partir du bord le long de chacun des trois transects décrits précédemment. Pour chaque quadrat, le protocole suivant a été appliqué :

- Prise d'une photo du quadrat. Lorsqu'il y avait des algues dressées qui cachaient le substrat, elles ont été retirées, après en avoir évalué le pourcentage de couverture. Les algues ont été récoltées dans un sac d'échantillonnage.
- Description du contenu du quadrat en termes de substrat et de couverture d'organismes végétaux et animaux. Dans certains cas le pourcentage de couverture par les algues a été ajusté suite au visionnement des enregistrements vidéo.
- Prélèvement de tout le contenu du quadrat (épifaune et épiflore) sur le dessus et les côtés des roches. Les espèces mobiles de moins de 50 mm visibles ou dissimulées dans les algues et dans les interstices des roches ont été récoltées et conservées dans de l'alcool 70% pour l'analyse en laboratoire. Les homards < 50 mm et les crabes communs < 50 mm ont été mesurés à bord du bateau et ensuite remis à l'eau.
- Les individus d'espèces mobiles ≥ 50 mm n'ont pas été récoltés mais ils ont été identifiés et catégorisés selon leur taille. Dans le cas des homards et des crabes communs, les mêmes classes de taille ont été utilisées que lors de l'échantillonnage par transects.

Au laboratoire, les échantillons ont été tamisés sur un tamis de 5 mm. Tous les organismes > 5 mm ont été identifiés. Pour chaque taxon, le nombre d'individus a été noté.

Analyse des données

Transects : Chaque espèce identifiée sur les transects échantillonnés en 2010 et 2011 a été dénombrée. Pour chaque transect, une densité par mètre carré a été calculée pour le

homard, le crabe commun, la tanche tautogue et les poissons plats. Une densité moyenne a ensuite été calculée pour l'ensemble des transects et pour chaque catégorie de roches. Les résultats ont été comparés à ceux observés au temps zéro (lors de la caractérisation des sites), à l'aide d'histogrammes. Pour la plupart des autres taxons, les densités n'ont pas été calculées du fait qu'ils étaient parfois indénombrables ou trop peu nombreux, ce qui rendait les densités incalculables ou peu intéressantes à des fins de comparaison.

Quadrats : Pour chaque catégorie de roche et pour chaque récif, la densité moyenne de chaque espèce a été calculée (moyenne des trois quadrats). De plus, une densité moyenne par récif (moyenne de 9 quadrats) et pour l'ensemble des récifs (moyenne des 18 quadrats), toutes catégories de roches confondues a ensuite été calculée.

Examen visuel des blocs de béton

Sur chacun des sites d'installation des blocs de béton, soit sur le côté nord-est des récifs E et G, dix blocs ont été choisis au hasard parmi les 20 blocs situés de part et d'autre de la rangée du centre, afin de vérifier la présence de homards sous la structure. Le plongeur vérifiait la présence de cavités creusées sous les blocs et la présence de homard et autres organismes, sans soulever le bloc. Les organismes associés au bloc étaient identifiés et dénombrés et les homards catégorisés en fonction de leur taille à l'aide du gabarit décrit précédemment.

4.1.2 Résultats

Disposition des récifs et des blocs de béton

De façon générale, aucune modification remarquable à la forme générale des récifs n'a été notée que ce soit en 2010 ou 2011.

Ensablement

Autour des récifs

Les sondages multifaisceaux effectués en 2009 et 2011 ont été comparés pour faire ressortir les différences d'élévation dans les sédiments entourant les récifs, permettant ainsi d'illustrer la dynamique des sédiments autour des récifs (Figure 11). En premier lieu, on remarque, pour chacun des huit récifs, une accumulation de sédiments au nord-est et une érosion des sédiments au sud-est. Cette dynamique sédimentaire semble plus importante sur les récifs ouest (A, B, E et G) que sur les récifs est (C, D, F et H). Les plus fortes accumulations de sédiment (0,75 à 1 m) sont observées sur le côté nord-est des récifs A et B et les plus fortes dépressions (-1 à -1,5 m) sont observées au sud-ouest des récifs A et E. On remarque également une élévation importante dans la section centrale des quatre récifs est ainsi que dans la moitié sud-est du récif H. Il est à noter que lors du sondage de 2009, ces sections n'étaient pas encore complétées. La différence positive importante dans ces endroits correspond à l'épaisseur des amas de roches déposés après le sondage de 2009. Cela n'exclut pas cependant une possible accumulation de sédiments à l'intérieur des récifs. Concernant les récifs ouest, la partie centrale des récifs est demeurée assez stable, ou à tout le moins a subi un très léger affaissement (0 à -0.5 m). Un affaissement plus important (-1 à -1,5 m) a été constaté aux extrémités des récifs, soit

vis-à-vis les secteurs de grosses roches. Les plus grosses roches ont peut-être basculé avec le temps, réduisant la hauteur de cette section.

Les séquences vidéo enregistrées pour documenter la disposition générale des récifs (flèches bleues Figure 9) ont également permis de constater un certain ensablement au niveau des bordures. Les petites roches et le gravier présents à plusieurs endroits autour de certains récifs en 2009 n'étaient plus visibles en 2010 et 2011.

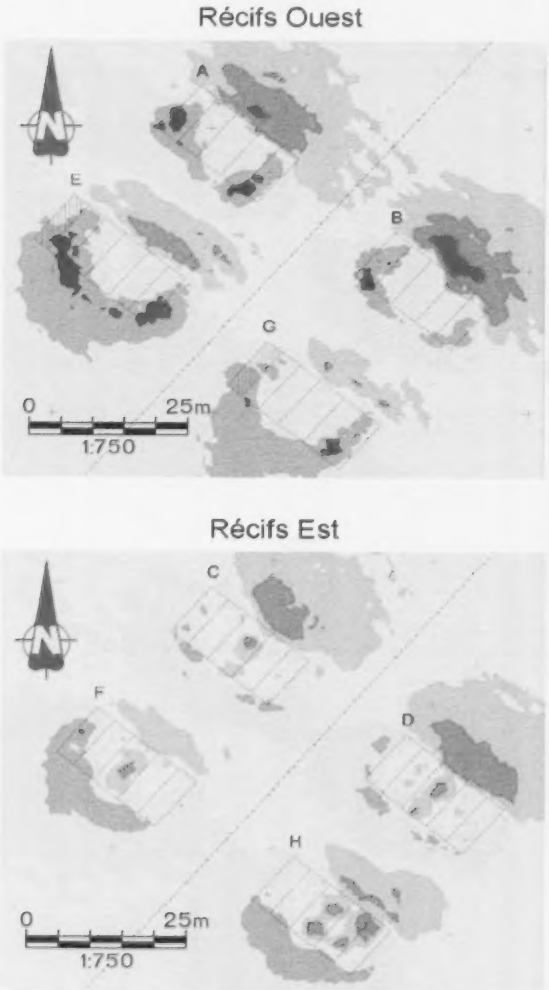


TABLE DES ÉLÉVATIONS		
MIN.	MAX.	COULEUR
-2.000	-1.500	
-1.500	-1.000	
-1.000	-0.500	
-0.500	0.000	
0.000	0.250	
0.250	0.500	
0.500	0.750	
0.750	1.000	
1.000	2.000	

Figure 11. Différences d'élévation calculées à partir des images bathymétriques des sondages multifaisceaux (Kongsberg EM-3002) réalisés en 2009 et 2011 sur le site des récifs artificiels dans la baie de Plaisance, Îles-de-la-Madeleine.

Centre des récifs

Selon les images vidéo, il y aurait eu plus d'ensablement entre 2009 et 2010 qu'entre 2010 et 2011.

Récif A : De façon générale, les roches du récif A semblaient plus ensablées en 2011 qu'en 2010, mais surtout dans la partie nord du récif, où des zones de sable importantes ont été observées entre les roches. Par contre, l'ensablement était moins marqué à certains endroits comme sur le coin le plus à l'est du récif où très peu de différence a été observée entre 2009 et 2011.

Récif B : Il ne semble pas y avoir eu de différence d'ensablement entre 2010 et 2011 en bordure des moyennes et grosses roches. Il n'a pas été possible de juger de l'ensablement de la section des petites roches en raison de la présence d'algues qui cachaient les roches.

Récif E : La présence de sable à certains endroits à l'intérieur des enrochements a été notée. Les roches en bordure du récif semblaient avoir subi un ensablement graduel de 2009 à 2011.

Récif G : La bordure du récif G était plus ensablée en 2011 et 2010 qu'en 2009. Le sable a recouvert le gravier qui était visible en 2009 en bordure du récif. En 2010 et 2011, des espaces de sable qui n'existaient pas en 2009 ont été observés entre les roches. Le récif aurait donc subi un ensablement entre 2009 et 2010 mais il y aurait eu peu de changement entre 2010 et 2011.

Récif C : Le récif C a subi un ensablement au coin nord entre 2009 et 2010 mais aucune différence n'a été observée entre 2010 et 2011.

Récif D : Il ne semble pas y avoir eu d'ensablement important sur ce récif et peu de sable a été observé au cœur du récif en 2011. La comparaison entre les années de la bordure des moyennes et grosses roches n'a pas montré de signes clairs d'ensablement. Contrairement à la majorité des récifs, il y avait encore du gravier présent à la base des roches à certains endroits en 2010 et 2011.

Récif F : En 2011, la présence de sable a été notée parmi les petites roches. Cependant, il y a peu de différences entre les enregistrements vidéo réalisés au cours des trois années sur les bordures du récif.

Récif H : Entre 2009 et 2010 les roches en bordure du récif ont subi un ensablement mais aucune différence n'a été observée entre 2010 et 2011. Aucun ensablement notable n'a été observé à l'intérieur du récif en 2010 ou 2011.

Mesures de la tige centrale

Les mesures prises sur les tiges de métal placées au centre des récifs en 2009 sont présentées au Tableau 1. Il est à noter qu'aucune mesure n'était prise en 2009 à partir du sommet des pierres lorsque le fond naturel était facilement accessible. Aucune mesure valable n'est disponible pour le récif H du fait que la tige soit tombée en 2010.

En 2010, la mesure de la hauteur de la tige à partir du fond naturel indique une érosion des sédiments au centre des récifs A, B, C et F entre 2009 et 2010 contrairement aux récifs E et G où un ensablement aurait eu lieu. Dans le cas du récif D, aucune mesure n'est disponible, la tige étant tombée en 2010.

En 2011, le substrat du récif B a continué à s'éroder alors qu'un ensablement a été observé sur les récifs C et F. Le récif D quant à lui montre un léger ensablement entre 2010 et 2011. Il a été impossible de prendre la mesure de la tige des récifs E et G en 2011 et la tige du récif A n'a pas été retrouvée. Les quelques mesures de la portion de la tige dépassant le sommet des pierres indiquent qu'entre 2009 et 2011, sur les récifs B, D, E et G, les pierres se seraient enfoncées (écarts de 10-24 cm) ou auraient été déplacées.

Tableau 1. Longueur (cm) apparente de la tige de métal placée au centre de chaque récif en 2009.

Récif	2009	2010	2011	Différence 2010-2009	Différence 2011-2010
A	113	126	--	+13	NA
B	92	100	125	+8	+25
C	90	94	91	+4	-3
D	152	124*	127	NA	+3
E	117	106	--	-11	NA
F	119	122	107	+3	-15
G	119	107	--	-12	NA
H	114			NA	NA

-- La mesure n'a pas été prise. La tige du centre n'a pas été trouvée (récif A) ou il était impossible de faire pénétrer la règle jusqu'au substrat (récifs E et G).

NA Non applicable.

* La tige est tombée et a été remise en place en 2010. Les mesures ne peuvent pas être comparées avec celles de l'année précédente.

Les enregistrements vidéo effectués de 2009 à 2011 à l'emplacement des tiges ont été comparés aux résultats des mesures effectuées sur les tiges. Toutefois, dans bien des cas, il était difficile de bien voir la tige sur les images ou de bien voir le fond à l'emplacement de la tige en raison de la présence d'algues ou de roches (récifs A, B, F et G). Cependant, sur les récifs C et D, où de faibles différences dans la longueur de la tige ont été observées entre les années, les images étaient similaires selon les années et ne montraient aucun signe d'ensablement. Par ailleurs, l'ensablement (diminution de la longueur de la tige) observé sur le récif E était nettement visible sur les images.

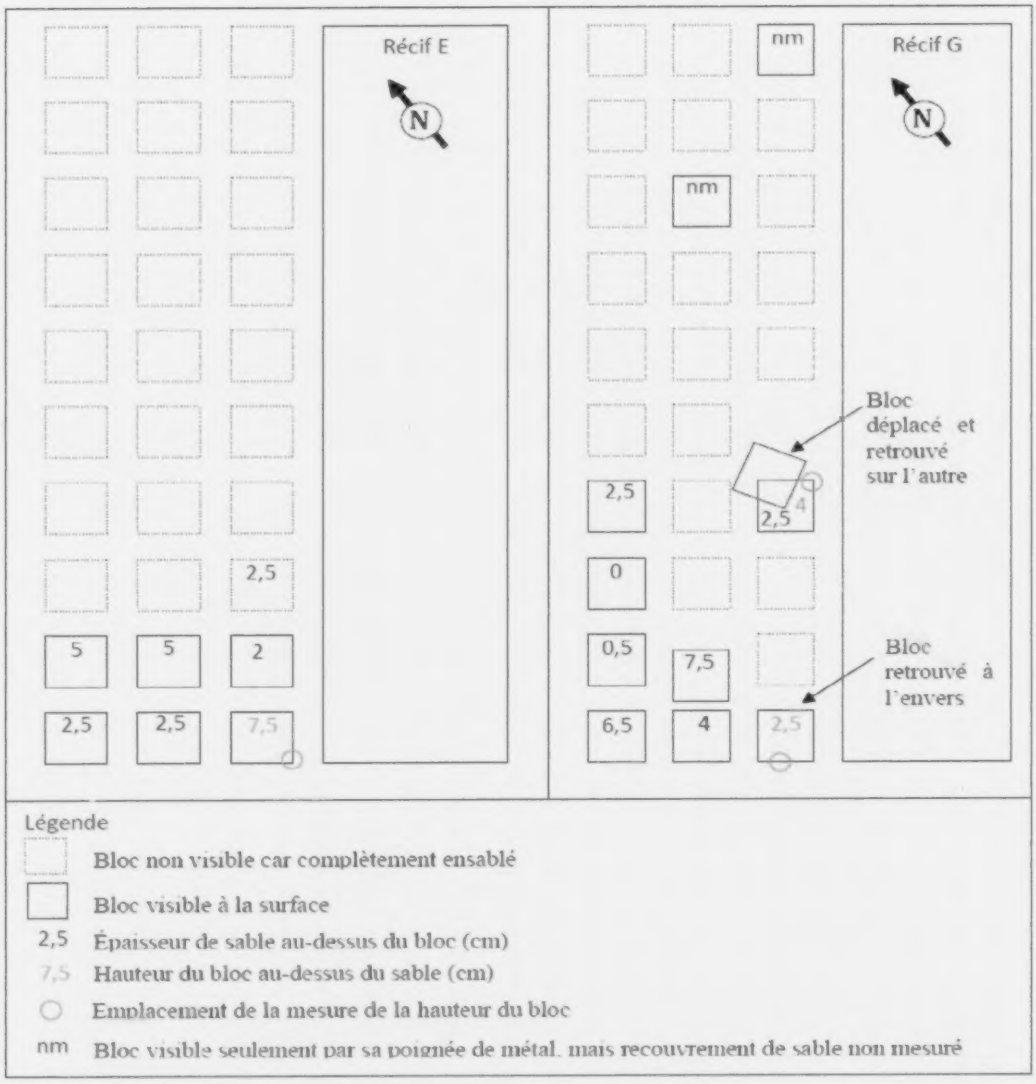


Figure 12. Illustration de l'ensablement des blocs de bétons placés à l'extrémité des récifs E et G en 2010.

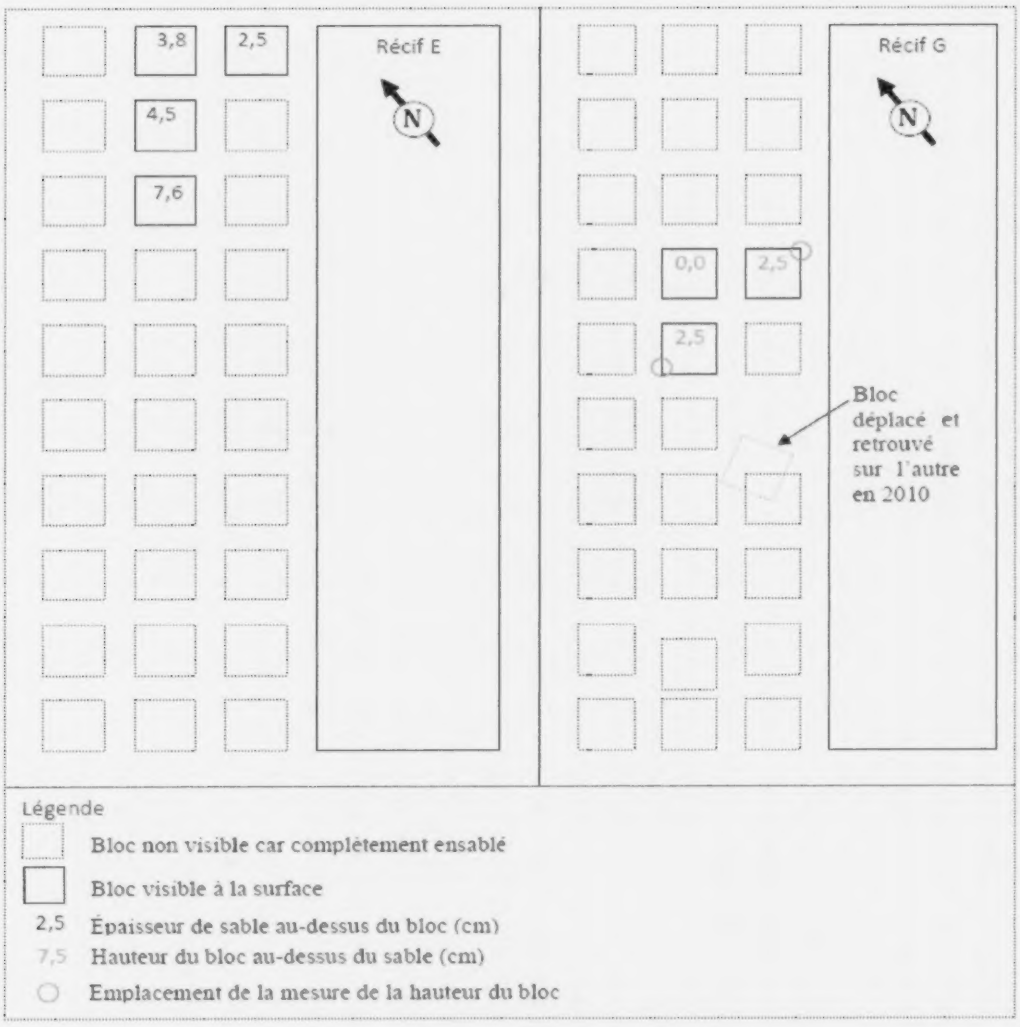


Figure 13. Illustration de l'ensablement des blocs de bétons placés à l'extrémité des récifs E et G en 2011.

Blocs de béton

La majorité des blocs de béton placés à l'extrémité ouest des récifs E et G étaient complètement ensablés dès 2010 (Figure 12). Sur les 30 blocs au récif E, un seul émergeait au-dessus du sable (7,5 cm). Cinq autres étaient détectables à la surface des sédiments et étaient recouverts de 2 à 5 cm de sable. Sur les 30 blocs du récif G, un seul émergeait du sable (2,5 cm). Six autres étaient détectables à la surface des sédiments et étaient recouverts de 0 à 7,5 cm de sable. En 2010, la plupart des blocs visibles étaient dans la partie sud-est de la distribution indiquant qu'il y a eu plus d'accumulation de sédiments dans la partie nord-ouest. En effet, le plongeur a noté que le fond prenait la forme d'une butte au-dessus des blocs au nord-ouest. Tel qu'illustré à la Figure 12, un bloc a été retourné et un autre a été déplacé.

En 2011, sur les 30 blocs au récif E, seulement quatre étaient détectables à la surface des sédiments et étaient recouverts de 2,5 à 7,6 cm de sable. Au récif G, trois blocs émergeaient du sable (0 à 2,5 cm) (Figure 13). Contrairement à 2010, les quelques blocs détectables en 2011 se trouvaient dans la partie nord-ouest et les blocs ensablés se trouvaient dans la partie sud-est. Au récif E, en 2011, le plongeur estimait que les blocs dans la partie sud-est étaient recouverts de 12 cm à 15 cm de sable.

Colonisation par la flore et la faune – transects

Concernant les invertébrés benthiques, il est à noter que les densités présentées dans le texte, les annexes et les figures ne concernent que ce qui était à la surface ou sur les côtés des roches. Ces dernières n'ont pas été retournées lors de l'inventaire.

Homard et crabe commun

2010

À l'exception des homards de plus de 83 mm qui n'ont pas été observés dans les petites roches, toutes les catégories de taille de ces deux espèces ont été observées dans les trois catégories de roches. Le homard et le crabe commun étaient deux espèces pratiquement absentes du milieu avant la mise en place des récifs avec des densités de 0,002±0,001 et 0,02±0,003 individu/m^2 respectivement (moyenne± erreur-type). Un an après la mise en place des récifs, la densité moyenne de homard et de crabe commun sur les récifs atteignait 0,25±0,14 et 0,20±0,04 individu/m^2 respectivement (Tableau 2, Figure 14). Les nombres d'individus observés sur chacun des transects en 2010 sont présentés à l'Annexe 16.

2011

Des homards et des crabes communs de toutes tailles ont été observés sur tous les récifs et dans toutes les catégories de roches. La densité moyenne de homard était nettement plus élevée en 2011 pour toutes les classes de tailles et dans toutes les catégories de roches (Figure 14). Sur l'ensemble des récifs, la densité moyenne de homard a plus que doublé entre 2010 et 2011, passant de 0,25 ± 0,04 à 0,59 ± 0,13 homard/m^2 (Tableau 2).

En contrepartie, le crabe commun était moins nombreux sur l'ensemble des récifs en 2011 et il était même absent dans quatre transects. Cette diminution de densité a été observée principalement chez les petits individus (< 50 mm). Sur l'ensemble des récifs, la

densité moyenne de crabe commun a diminué presque de moitié entre 2010 et 2011, passant de 0,20 ± 0,04 à 0,12 ± 0,03 individu/m^2. (Tableau 2, Figure 14). Les nombres d'individus observés sur chacun des transects en 2011 sont présentés à l'Annexe 17.

Tableau 2. Densité (nombre/m^2) (moyenne ± erreur-type) de homard et de crabe commun sur l'ensemble des récifs (toutes catégories de roches confondues) observée lors du suivi par transects en 2010 et 2011 et en 2008, au temps zéro, avant la mise en place des récifs en 2009.

	Catégorie de taille	Temps zéro (2008)	2010	2011
Homard	< 50 mm		0,11 ± 0,03	0,26 ± 0,07
	50-83 mm		0,12 ± 0,03	0,24 ± 0,06
	> 83 mm		0,03 ± 0,01	0,10 ± 0,02
	Total	0,002 ± 0,001	0,25 ± 0,04	0,59 ± 0,13
Crabe commun	< 50 mm		0,15 ± 0,04	0,09 ± 0,03
	> 50 mm		0,04 ± 0,02	0,03 ± 0,01
	Total	0,017 ± 0,003	0,20 ± 0,04	0,12 ± 0,03

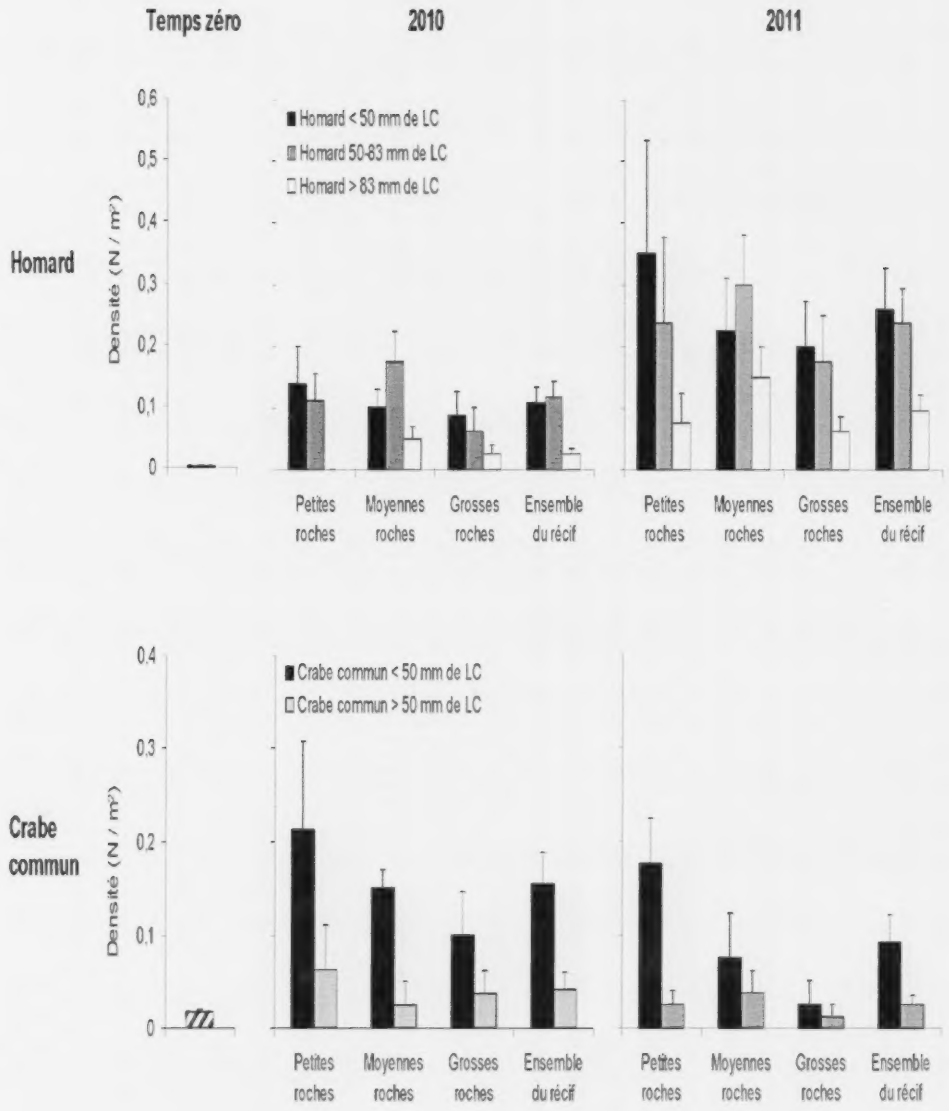


Figure 14. Densité (nombre/m^2) (moyenne ± erreur-type) de homard et de crabe commun observée dans les différentes catégories de roches pour l'ensemble des récifs lors du suivi par transects en 2010 et 2011 et en 2008 (temps zéro), avant la mise en place des récifs en 2009.

Autres invertébrés benthiques

2010

En 2010, les naissains de moules et de gastéropodes représentaient les deux taxons dominants sur les récifs (à l'exception des roches moyennes et grosses roches du récif A). Ils étaient en très grand nombre et recouvraient presque toute la surface des pierres le long des transects. De façon plus hétérogène, les balanes étaient observées sur tous les récifs à l'exception du récif A. Leur nombre allait de quelques-uns à plusieurs centaines d'individus, ou même de milliers d'individus comme sur les transects de moyennes et grosses roches des récifs C et F (Annexe 16). Les naissains de moules et de gastéropodes ainsi que les balanes étaient absents du milieu initialement, soit avant la mise en place des récifs.

Les étoiles de mer étaient présentes dans tous les transects et leur nombre variait entre 4 et 96 individus par transect, ce qui correspond à une densité moyenne par récif de $2,2 \pm 0,4$ individus/m^2 (moyenne ± erreur-type). Ceci représente une nette augmentation par rapport à la situation initiale, où une densité de $0,01 \pm 0,004$ individu/m^2 avait été observée (voir Premier Volet). Les étoiles de mer sur les récifs étaient généralement de petite taille (< 5 mm) et plus abondantes dans les sections de moyennes et grosses roches. Leur abondance était plus faible au récif A (Annexe 16).

Les dollars des sables, dont la densité était de $0,04 \pm 0,01$ individus/m^2 avant la mise en place des récifs, étaient peu abondants en 2010, avec un seul individu observé au récif A (Annexe 16).

La présence d'anomies en très grande quantité (milliers d'individus) a été notée uniquement sur la moitié d'un transect du récif A. Il est possible que cette espèce n'ait pas été notée par les plongeurs pour tous les récifs car elle ne figurait pas sur la liste des espèces à observer fournie dans le protocole (CJB environnement Inc. 2011, Annexe A). Son absence dans les données ne signifie donc pas son absence du milieu. À cet effet, elle a été observée sur les trois tailles de roches des récifs F et G lors de l'inventaire par quadrats (voir plus bas).

D'autres invertébrés ont été observés en très petit nombre soit : trois éponges au récif G, quatre oursins verts aux récifs A et G, trois patelles et une crevette non identifiée au récif A et deux anémones au récif F (Annexe 16). Il s'agit de taxons qui étaient absents du milieu (fonds sableux), avant la mise en place des récifs.

2011

En 2011, les moules et les gastéropodes observés en 2010 ont été remplacés par des étoiles de mer qui étaient en grand nombre sur tous les transects, à l'exception des roches moyennes du récif D. Le pourcentage de couverture des étoiles de mer se situait entre 5 et 30% selon les transects (Annexe 17). Selon les plongeurs, la plupart des étoiles observées étaient très petites, mais quelques grosses étoiles (> 2,5 cm) ont été observées principalement sur les grosses roches des récifs D et F.

Les petits gastéropodes, dominés par *Lacuna vincta*, et les naissains de moules étaient présents en grand nombre sur deux transects uniquement contrastant avec les résultats de

2010 où ces deux taxons couvraient la presque totalité des roches et des algues de tous les récifs (Annexe 17). Les étoiles de mer étant des prédateurs de moules et de gastéropodes, il est possible qu'il y ait un lien direct entre l'augmentation du nombre d'étoiles de mer et la diminution du nombre de moules et de gastéropodes entre 2010 et 2011.

Les anomies et les balanes ont également été observées en grand nombre en 2011. Les anomies étaient dispersées dans le deux tiers des transects, tandis que les balanes étaient présentes dans tous les transects, formant parfois de grandes colonies denses. En 2011, il n'y avait aucune différence notable dans l'abondance de ces deux taxons selon la grosseur des pierres (Annexe 17).

Contrairement à 2010, des patelles ont été observées sur tous les récifs et dans la majorité des transects. Cependant, leur nombre variait grandement selon les transects (1 à 36 individus) (Annexe 17). Les plus grandes abondances ont été observées sur le récif A, surtout sur les petites roches.

Comme en 2010, quatre oursins verts, une crevette et un dollar des sables ont été observés. Il n'y a pas eu d'observation d'anémones ou d'éponges, deux taxons notés en 2010 (Annexe 17).

Poissons

2010

La tanche tautogue, absente avant la mise en place des récifs, était l'espèce la plus commune observée sur les récifs avec un maximum de 113 observations par transect (Annexe 16). La densité moyenne a été estimée à $3,46 \pm 0,47$ individus/m^2. La tanche tautogue était présente sur tous les récifs, particulièrement dans les sections de grosses roches. Il est à noter qu'il s'agit d'une espèce très mobile et attirée par l'activité des plongeurs. Leur dénombrement était donc difficile et il est possible que certains individus aient été comptés plus d'une fois. L'abondance de cette espèce est donc approximative.

Les autres poissons observés étaient les poissons plats (plies). Ils étaient présents initialement, en 2008 ($0,01 \pm 0\ 002$ individu/m^2), mais leur abondance a grandement augmenté suite à l'installation des récifs, particulièrement dans les transects de petites roches. Jusqu'à six poissons ont été vus sur un transect (Annexe 16) et leur densité moyenne par récif a été estimée à $0,08 \pm 0\ 03$ individu/m^2 (Figure 15). D'autres poissons ont pu être observés mais en nombre restreint, soit sept chaboisseaux et quatre perciformes.

2011

La tanche tautogue est restée l'espèce la plus commune des poissons. Elle était présente dans tous les transects (Annexe 7) et la densité moyenne par récif a été estimée à $2,7 \pm 0,27$ individus/m^2. La densité est approximative pour la même raison qu'en 2010. Les poissons plats étaient encore présents sur sept des 12 transects (Annexe 17) et leur densité moyenne par récif était de $0,05 \pm 0,02$ individus/m^2.

Un poisson serpentiforme identifié comme étant soit une loquette d'Amérique soit une anguille d'Amérique a été observé alors qu'aucun chaboisseau ni perciforme n'ont été vus durant les relevés de 2011 (Annexe 17, Figure 15).

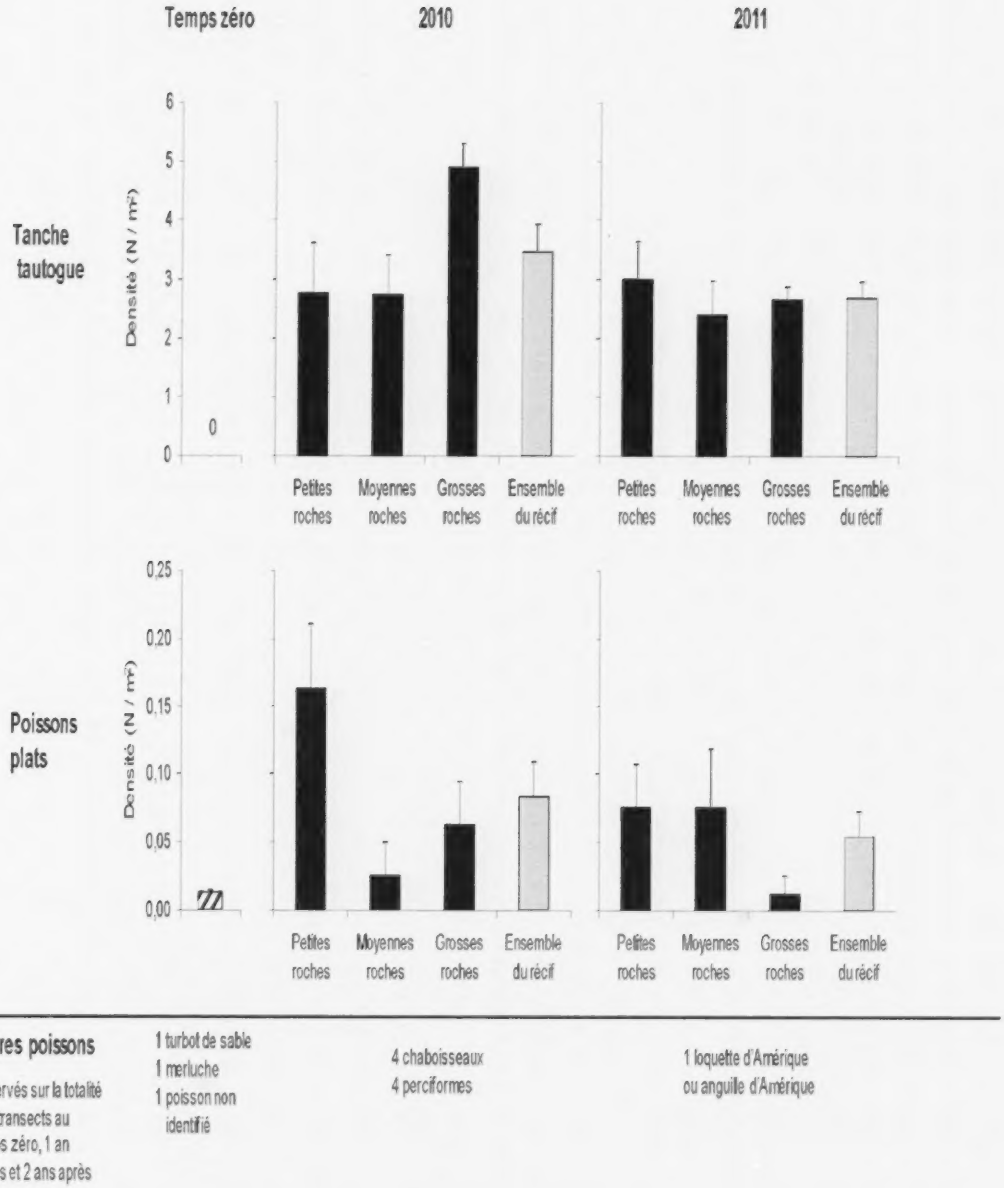


Figure 15. Densité (nombre/m^2) (moyenne ± erreur-type) de poissons observée dans les différentes catégories de roches pour l'ensemble des récifs lors du suivi par transects en 2010 et 2011 et en 2008 (temps zéro), avant la mise en place des récifs en 2009.

Considérations générales

On remarque que la mise en place des récifs a permis d'accroître grandement la densité d'individus épibenthiques. En effet, la densité observée initialement sur le site, toutes espèces confondues visibles sur les transects, avant la mise en place des récifs artificiels était de 0,30 ± 0,11 individu/m^2. En 2010, sans tenir compte des naissains de moules et de gastéropodes, des balanes, des anomies et des étoiles de mer qui étaient indénombrables, la densité totale d'individus est passée à 4,1± 0,5 individus/m^2 et est restée identique en 2011. La densité moyenne sur les récifs est donc au minimum dix fois supérieure à ce qu'elle était initialement et si l'on tenait compte des espèces qui n'ont pas été dénombrées à cause de leur trop grand nombre, cette densité pourrait facilement dépasser 20 individus/m^2.

Colonisation par la flore et la faune - quadrats

Les résultats de l'échantillonnage par quadrats sont présentés au Tableau 3 et à l'Annexe 18.

Homard et crabe commun

Aucun homard n'a été observé ni récolté sur les 18 quadrats effectués. Seulement trois crabes communs mesurant 5 mm, 50 mm et > 50 mm ont été récoltés sur le récif G.

Autres invertébrés

Les résultats présentés à l'Annexe 18 et au Tableau 3 concernent uniquement les organismes retenus par un tamis de 5 mm. Or, selon les techniciens qui ont procédé au tamisage des échantillons, la grande majorité des organismes présents dans les quadrats n'apparaissent pas dans les résultats car ces derniers étaient très petits, de stade postlarvaire ou juvénile et n'étaient pas retenus par le tamis. Il s'agissait surtout de naissains de moules, avec un certain nombre de petits amphipodes et de gastéropodes de 2 à 5 mm. Les petits gastéropodes seraient majoritairement des lacunes communes de l'Atlantique (*Lacuna vincta)*. Il y aurait également des mitrelles lunées (*Astyris lunata)* et des nassaires à trois bandes (*Ilyanassa trivittata* [anciennement *Nassarius trivittatus*]) mais leur identification reste à confirmer. Aucune moule ni gastéropode de plus de 5 mm n'a été récolté dans les quadrats.

L'espèce la plus abondante retenue par le tamis de 5 mm était l'anomie. Elle a été observée dans 8 des 18 quadrats échantillonnés. Les densités d'anomies étaient plus grandes au récif G (21,8 ± 9,3 individus/m^2) qu'au récif F (1,8 ± 1,2 individu/m^2). Leur distribution était très inégale d'un quadrat à l'autre et il ne semblait pas y avoir de préférence pour une catégorie de roche en particulier. Il est à noter cependant que la présence d'anomies <5 mm a été observée dans plusieurs quadrats. La deuxième espèce d'invertébrés en importance était la balane. Cependant, à l'exception d'un individu, toutes les balanes ont été récoltées dans un seul quadrat du récif F effectué sur les grosses roches.

Aucune étoile de mer n'a été observée sur le récif G tandis qu'une densité de 3,1 ± 1,6 individus/m^2 a été observée sur le récif F. Elles ont été récoltées dans les quadrats de moyennes et grosses roches.

Tableau 3. Densité (nombre/m^2) (moyenne ± erreur-type) d'organismes récoltés lors du suivi par quadrat sur les récifs G et F en 2010 et pourcentage de couverture algale.

	Récif G				Récif F				Total Récifs F et G
	Petites roches	Moyennes roches	Grosses roches	Ensemble	Petites roches	Moyennes roches	Grosses roches	Ensemble	
Anomie	16	40	9,3	21,8 ± 9,3	1,3	0	4	1,8 ± 1,2	11,8 ± 6,1
Balane	0	0	0	0	0	1,3	38,7	13,3 ± 12,7	6,7 ± 6,4
Caprelle	0	0	0	0	1,3	0	0	0,4 ± 0,4	0,2 ± 0,2
Crabe commun	1,3	2,7	0	1,3 ± 0,8	0	0	0	0	0,7 ± 0,5
Étoiles de mer	0	0	0	0	0	4	5,3	3,1 ± 1,6	1,6 ± 1,0
Tanche tautogue	4	8	9,3	7,1 ± 1,6	12	6,7	12	10,2 ± 1,8	8,7 ± 1,3
Anguille d'Amérique	1,3	0	0	0,4 ± 0,4	0	0	0	0	0,2 ± 0,2
Densité totale d'individus	22,7	50,7	18,7	30,7 ± 10,1	14,7	12	60	28,9 ± 15,6	29,8 ± 15,6
Couverture algale moyenne	56,7 ± 3,3	43,3 ± 14,5	48,3 ± 7,3	49,4 ± 5,2	76,7 ± 13,3	60 ± 16,1	46,7 ± 8,8	61,1 ± 7,9	55,3 ± 4,8

Des caprelles de 2 à 5 mm ont été observées dans neuf quadrats distribués sur les deux récifs. Elles ont été observées sur toutes les catégories de roches. Cependant, un seul individu a été retenu dans le tamis de 5 mm.

Poissons

Seulement deux espèces de poissons ont été observées dans les quadrats. La plus commune était la tanche tautogue avec une densité de 7,1 ± 1,6 individus/m^2 sur le récif G et 10,2 ± 1,8 individus/m^2 sur le récif F. Comme pour les transects, la densité réelle de cette espèce était difficile à évaluer car elle était attirée par la mise en suspension de la matière au moment de la récolte des organismes par les plongeurs. L'autre espèce était une anguille d'Amérique, observée dans un quadrat de petites roches sur le récif G.

Couverture algale

Le pourcentage de couverture des algues à l'intérieur des quadrats a varié de 20 à 90 % (Annexe 18) avec un pourcentage moyen 55 ± 4,8% (Tableau 4). Les algues dominantes étaient des algues brunes (surtout *Chorda filum* et *Chorda tomentosa*) sur lesquelles poussaient souvent d'autres organismes formant une « mousse » sur celles-ci. Ces organismes incluaient des petites algues rouges (probablement des genres *Ceramium* et *Polysiphonia*) ainsi que des algues brunes filamenteuses.

4.1.3 Conclusion

2010

Les travaux réalisés dans le cadre du présent mandat ont permis de confirmer que les récifs mis en place dans la baie de Plaisance constituent des habitats propices pour le homard et le crabe commun, ainsi que pour plusieurs autres espèces. Le homard et le crabe commun ont été observés dans tous les récifs et utilisent les trois catégories de roches. La seule exception a été l'absence de gros homards dans les roches les plus petites. La tanche tautogue est le poisson qui a été le plus souvent observé sur les récifs, mais d'autres espèces en moins grand nombre y ont été vues également, telles que les plies, les chaboisseaux, les perciformes et l'anguille d'Amérique.

Concernant les espèces sessiles, les roches des récifs sont utilisées comme substrat d'attache par des algues qui, en moyenne, couvrent plus de la moitié des récifs, ainsi que par plusieurs espèces d'invertébrés. Cette faune est majoritairement constituée de très petits individus dont des naissains de moules et de gastéropodes, qui sont les plus abondants. Aucune différence notable n'a été observée dans l'utilisation des différentes catégories de grosseur de pierres par ces organismes. L'absence d'organismes sessiles de plus grande taille n'est pas surprenante étant donné que les récifs ont été construits environ 1 an avant le suivi, ne laissant pas de temps pour la croissance et l'atteinte d'une grande taille.

Il est donc permis de conclure qu'après un an, les récifs ont déjà répondu à leur objectif premier de créer un habitat propice à l'établissement du homard. En effet, les trois classes de taille de homard ont été observées, ce qui confirme l'aspect multigénérationnel des récifs pour le homard. De plus, il est probable que la diversité et la biomasse présente sur ces récifs croîtront dans les années à venir avec l'arrivée probable d'espèces moins

rapides à coloniser des nouveaux habitats et avec la croissance des naissains et des colonies de petits organismes.

Par contre, la mise en place des blocs de béton en bordure des récifs a été un échec. Presque tous ces blocs ont rapidement été ensablés, soit par le déplacement du sable sur les fonds ou par un effet d'enfoncement, et aucune faune n'y était associée. Les récifs artificiels se sont montrés assez stables en général. Par contre, un an après leur installation, de l'ensablement a été remarqué à l'intérieur et sur la périphérie du récif.

2011

Les résultats obtenus en 2011 confirment les résultats de 2010. Les récifs ont continué d'être des habitats intéressants pour le homard d'Amérique dont l'abondance a doublé entre 2010 et 2011. Les homards des trois catégories de taille ont été retrouvés dans les trois catégories de roches, confirmant l'aspect multigénérationnel des récifs. En 2011, tout comme en 2010, le crabe commun a été observé dans tous les récifs et utilise les trois catégories de roches. Les récifs sont toujours fréquentés par quelques espèces de poissons, dont la tanche tautogue qui est de loin la plus abondante.

En 2011, il y a encore eu un ensablement à l'intérieur des récifs, sur les pourtours et entre certaines sections de petites et de moyennes pierres. Il se peut que ces sections agissent comme un piège pour le sable en transit dans la baie de Plaisance. Par contre, l'ensablement en bordure des récifs a été plus important entre 2009 et 2010 qu'entre 2010 et 2011. Ceci pourrait peut-être signifier qu'une certaine stabilité est en voie d'être atteinte dans le contexte où l'ensablement plus important dans la première année aurait été relié à un enfoncement initial des roches dans le sable meuble de surface.

Après deux ans de suivi, il apparaît évident que la prise des mesures sur les tiges de métal ne contribue pas beaucoup à la compréhension de l'ensablement des récifs pour deux raisons : 1) plusieurs tiges ne sont pas restées en place et 2) l'imprécision des mesures sur la tige causée par la nature inégale du fond et de l'enrochement.

La méthode la plus prometteuse pour bien évaluer la stabilité des récifs est l'utilisation de relevés bathymétrique à haute résolution. Ces relevés ont permis de montrer une érosion de 0,5 m à 1,5 m au sud-ouest des récifs et une accumulation de sédiments de 0,5 m à 1 m au nord-est. Ce patron suggère un mouvement général du sable d'ouest en est dans la baie de Plaisance, ce qui serait à valider pour s'assurer de bien comprendre la dynamique sédimentaire de la région et le devenir des récifs à moyen–long terme.

4.2 SUIVI LA DÉPOSITION BENTHIQUE DU HOMARD

En complément aux suivis effectués par CJB Environnement Inc., le MPO a effectué le suivi de la déposition benthique du homard sur les récifs pendant trois ans suivant leur mise en place, soit en 2010, 2011 et 2012. Le but de ces suivis était d'évaluer si les récifs offraient un habitat propice à la déposition benthique du homard et s'il fournissait un habitat favorable à sa survie et sa croissance pendant les premières années de sa vie.

4.2.1 Méthodologie

L'échantillonnage a été réalisé en plongée sous-marine à partir d'une embarcation ancrée au-dessus des récifs. L'évaluation de la déposition benthique a été effectuée uniquement sur la partie centrale des récifs constituée de petites roches. L'évaluation a été faite à l'intérieur de surfaces de 5 m^2 (2,5 m x 2 m) disposés à 2,5 m, 5 m et 7,5 m du bord extérieur de la section. Les quadrats étaient enlignés au centre de la section, selon sa plus petite dimension (Figure 16).

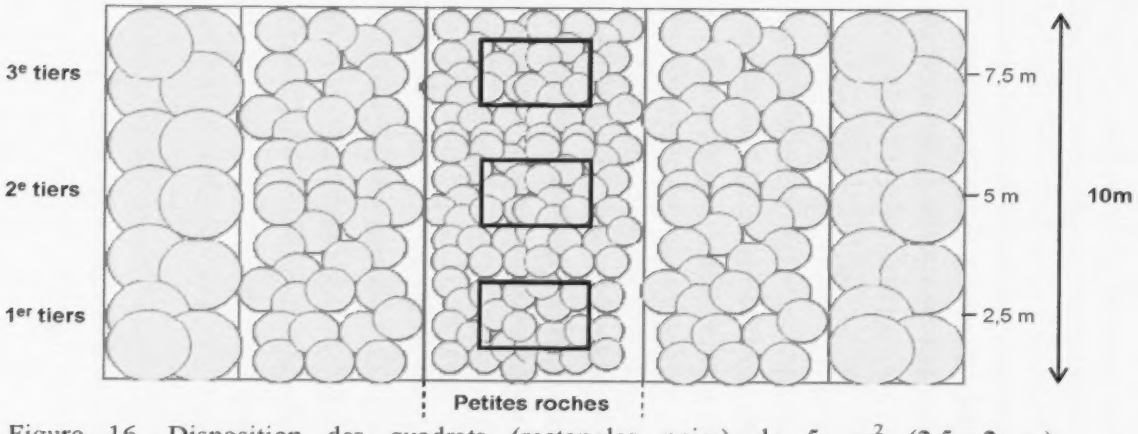


Figure 16. Disposition des quadrats (rectangles noirs) de 5 m^2 (2,5 x 2 m) échantillonnées par le MPO sur la section de petites roches des récifs A, C, F et G lors des suivis de la déposition benthique des homards.

Pour réaliser l'échantillonnage, une corde plombée de 2,5 m de long était placée sur le fond aux endroits préétablis. Les plongeurs se plaçaient de chaque côté de la corde et récoltaient manuellement tous les homards rencontrés sur une largeur d'un mètre chacun. Une tige d'un mètre de long servait de gabarit. Toutes les pierres étaient retournées et le substrat était également fouillé sur une profondeur de 20 cm. Les homards échappés au moment de leur capture ont été notés par les plongeurs ainsi que leur taille approximative.

Les homards capturés étaient remontés à bord du bateau pour être dénombrés, mesurés au dixième de millimètre et sexés avant d'être remis à l'eau au-dessus des récifs. La mesure

prise était la longueur du céphalothorax, du fond de l'orbite de l'œil à l'extrémité postérieure du céphalothorax.

En 2010, les récifs ouest A et G ainsi que les récifs est C et F ont été échantillonnés (les mêmes que ceux échantillonnés par CJB Environnement Inc. en 2010). En raison de l'ampleur de l'ouvrage en termes de déplacement de roches, trois surfaces de 5 m^2 ont été échantillonnées sur le récif A et seulement deux ont été échantillonnées sur les trois autres récifs pour un total de neuf échantillons au lieu des 12 prévus. En 2011, en raison de problèmes logistiques, seulement deux surfaces de 5 m^2 ont pu être échantillonnées sur le récif C et deux autres sur le récif G, pour un total de quatre échantillons. En 2012, deux surfaces de 5 m^2 ont été échantillonnées sur chacun des quatre récifs (A, G, C et F) pour un total de huit échantillons. Lorsque seulement deux surfaces étaient échantillonnées sur un récif, ces derniers étaient situés dans le premier et le dernier tiers de la section (Figure 16).

4.2.2 Analyse des données

Pour chaque année de suivi, une densité moyenne des homards ≤ 15 mm et des homards > 15 mm a été calculée pour chaque récif échantillonné ainsi que pour l'ensemble des récifs. Les différences dans les densités ont été analysées à l'aide du test t de Student (Zar 2010). Les homards ont ensuite été classés en cinq catégories : cryptiques (≤ 15 mm), émergents (16 à 25 mm), vagiles (26 à 40 mm), juvéniles (41 à 60 mm) et adolescents-adultes (> 60 mm) (voir Lawton et Lavalli 1995). La densité de homards dans chacune de ces catégories a été calculée pour chaque année, à partir de l'ensemble des échantillons (tous récifs confondus). La distribution des fréquences de taille de tous les homards capturés a également été illustrée graphiquement pour chaque année de suivi. Les limites de taille entre les cohortes ont été basées sur les observations de Gendron et Sainte-Marie (2006).

4.2.3 Résultats

2010

En 2010, 331 homards ont été récoltés à l'intérieur de neuf superficies de 5 m^2 (Tableau 4). La densité moyenne pour les quatre récifs s'élève à $7,4 + 0,8$ homards/m^2 (moyenne + erreur-type). Il n'y avait pas de différence significative de densité entre les récifs ouest et les récifs est (t, $p>0,05$). Cette valeur n'est pas différente non plus (t, $p>0,05$) de celle observée en 2010 dans la pouponnière naturelle des Demoiselles ($7,0 + 0,5$ homards/m^2) située à 1,5 km des récifs (L. Gendron, observations personnelles). Sur les 331 homards récoltés, 73% étaient des homards de l'année et ces derniers mesuraient entre 6 et 15 mm. Leur densité moyenne s'élevait à $5,3 + 0,6$ homards/m^2 (Tableau 4). Dans la pouponnière naturelle adjacente, la densité de homards de l'année s'élevait à $4,9 \pm 0,4$, ce qui n'est pas significativement différent (t, $p>0,05$).

Tableau 4. Nombre de homards récoltés dans chaque quadrat de 5 m^2 échantillonné en 2010 sur les récifs et densités moyennes (+ erreur-type) (nombre/m^2).

	HOMARDS DE L'ANNÉE (≤ 15 mm)					HOMARDS > 15 mm					TOTAL				
RÉCIF	Quadrat				Densité	Quadrat				Densité	Quadrat				Densité
	1	2	3	Total	moyenne	1	2	3	Total	moyenne	1	2	3	Total	moyenne
A	29	28	12	69	4,6 ± 1,1	7	4	5	16	1,1 ± 0,2	36	32	17	85	5,7 ± 1,2
G	41	24	---	65	6,5 ± 1,7	8	17	---	25	2,5 ± 0,9	49	41	---	90	9,0 ± 0,8
Total récifs ouest				**134**	**5,4 ± 0,9**				**41**	**1,6 ± 0,5**				**175**	**7,0 ± 1,1**
C	21	38	---	59	5,9 ± 1,7	11	15	---	26	2,6 ± 0,4	32	53	---	85	8,5 ± 2,1
F	19	28	---	47	4,7 ± 0,9	7	17	---	24	2,4 ± 1,0	26	45	---	71	7,1 ± 1,9
Total récifs est				**106**	**5,3 ± 0,9**				**50**	**2,5 ± 0,4**				**156**	**7,8 ± 0,8**
Total				**240**	**5,3 ± 0,6**				**91**	**2,0 ± 0,3**				**331**	**7,4 ± 0,8**

La distribution des fréquences de taille de l'ensemble des homards capturés montre l'importance de la cohorte de 2010 (homards ≤15 mm) établie sur les récifs (Figure 17). La cohorte de 2009, dont les tailles se situaient entre 16 et 25 mm environ, était pratiquement absente sur les récifs en 2010. Cette rareté s'expliquerait par le fait que les récifs ont été mis à l'eau à la fin septembre 2009, après la déposition benthique du homard, et que les premiers stades benthiques du homard sont peu mobiles et peu susceptibles d'émigrer en provenance de pouponnières existantes. En effet, le rayon de déplacement de ces derniers se limite à la proximité de leur abri et ils ont tendance à rester à l'endroit de leur déposition. Les quelques individus de 16 à 19 mm observés sur les récifs en 2010 pourraient être des homards s'étant déposés très tôt en 2010 ou très tard à l'automne 2009.

Les homards de plus grande taille (>25 mm), issus de cohortes antérieures à 2009, ont un comportement moins cryptique et pourraient provenir des amas de roches situés à proximité. Cette catégorie de homard représentait 19% de la totalité des homards capturés sur les récifs en 2010. La présence de homards >25 mm suggère que la section des petites roches des récifs artificiels fournirait également un habitat propice à la survie des homards au-delà de leur première année de vie benthique. Il est à noter que 98% des homards capturés sur la section des petites roches mesuraient moins de 60 mm et seulement 2% étaient considérés adultes (>60 mm). Aucun homard de taille commerciale (≥83 mm) n'a été capturé.

2011

En 2011, 198 homards ont été récoltés à l'intérieur de deux superficies de 5 m^2 sur chacun des récifs G et C. La densité moyenne des quatre échantillons s'élève à 9,9 + 1,3 homards/m^2 (Tableau 5). Ceci représente une augmentation de 13 % par rapport à 2010 sur ces deux récifs. La densité de homards de l'année (≤15 mm), était similaire pour les deux récifs G et C, avec des densités moyennes de 3,9 ± 1,3 et 3,8 ± 0, respectivement.

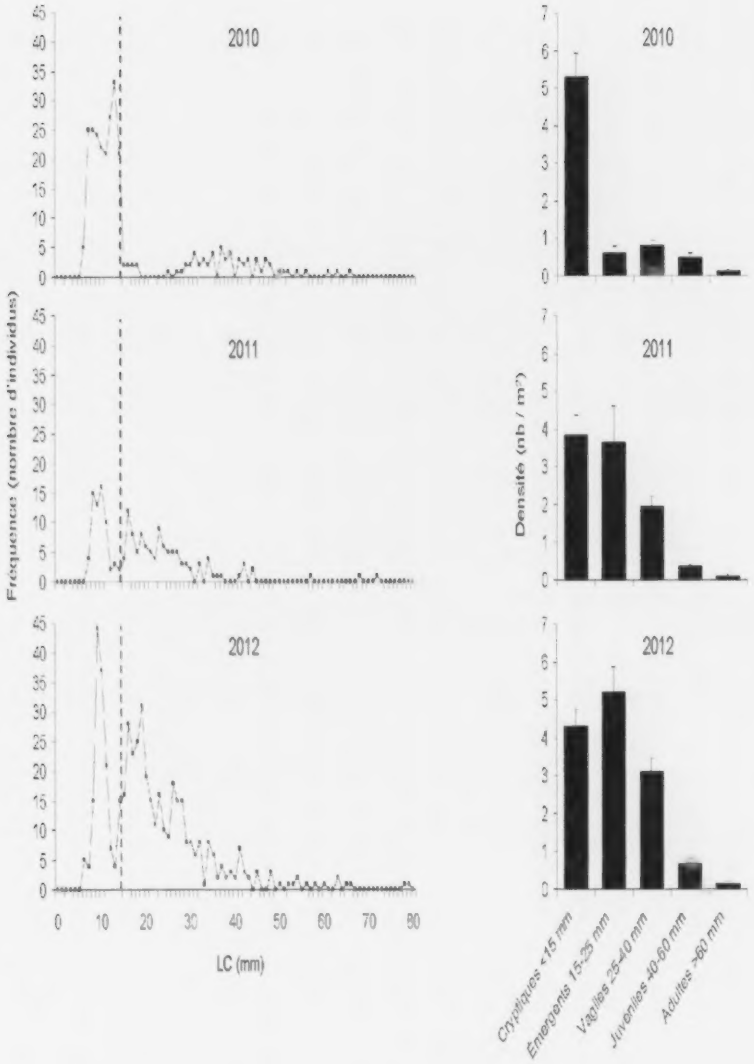


Figure 17. Distribution des fréquences de taille et densité (moyenne 6± erreur-type) des différents stades benthiques des homards récoltés dans les quadrats de 5 m^2 en 2010, 2011 et 2012. Ligne pointillée : taille limite supérieure des homards cryptiques.

La déposition benthique de homard en 2011 sur les récifs est apparue moins élevée que celle observée en 2010. Ce fut le cas également dans la pouponnière naturelle où la densité de homards de l'année a été évaluée à 2,8 homards/m^2, comparativement à 4,9 homards/m^2 en 2010 (L. Gendron, observations personnelles). La densité de homards >15 mm était plus élevée en 2011 qu'en 2010, soit 6,1 ± 1,0 comparativement à 2,0 + 0,3 homards/m^2 en 2010. La densité était plus élevée sur le récif C (situé à l'est), avec 7,7 ± 0,1 homards/m^2 que sur le récif G (à l'ouest) avec 4,4 ± 0,8 homards/m^2, mais la différence entre les deux secteurs n'est pas significative (*t*, p>0,05). En 2011, la proportion de jeunes de l'année ne comptait plus que pour 39 % de tous les homards capturés. Les homards de la cohorte de l'année précédente, soit les homards de 15-25 mm étaient encore présents sur les récifs un an plus tard, suggérant que le milieu a été favorable à leur survie et leur croissance.

Tableau 5. Nombre de homards récoltés dans chaque quadrat de 5 m^2 échantillonné en 2011 sur les récifs et densités moyennes (± erreur-type) (nombre/m2).

	HOMARDS DE L'ANNÉE (≤ 15 mm)					HOMARDS > 15 mm					TOTAL				
RÉCIF	Quadrat			Total	Densité moyenne	Quadrat			Total	Densité moyenne	Quadrat			Total	Densité moyenne
	1	2	3			1	2	3			1	2	3		
A	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
G	13	26	---	39	3,9 ± 1,3	18	26	---	44	4,4 ± 0,8	31	52	---	83	8,3 ± 2,1
Total récifs ouest				**39**	**3,9 ± 1,3**				**44**	**4,4 ± 0,8**				**83**	**8,3 ± 2,1**
C	19	19	---	38	3,8 ± 0	39	38	---	77	7,7 ± 0,1	58	57	---	115	11,5 ± 0,1
F	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Total récifs est				**38**	**3,8 ± 0**				**77**	**7,7 ± 0,1**				**115**	**11,5 ± 0,1**
Total				77	3,9 ± 0,5				121	6,1 ± 1,0				198	9,9 ± 1,3

La distribution des fréquences de taille de l'ensemble des homards capturés illustre bien la présence d'une nouvelle cohorte en 2011 (homards ≤15 mm) (Figure 17). La cohorte de 2012 y est aussi reconnaissable. La proportion de homards < 60 mm atteignait 99% de l'ensemble des homards. Seulement 1% étaient considérés adultes (>60 mm). Aucun homard de taille commerciale (≥83 mm) n'a été capturé.

2012

En 2012, 533 homards ont été récoltés à l'intérieur de huit superficies de 5 m^2. La densité moyenne pour l'ensemble des récifs s'élève à 13,6 ± 2,2 homards/m^2, une augmentation de 37% par rapport à 2011 et de 84% par rapport à 2010 (Tableau 6). Le graphique des distributions des fréquences de taille (Figure 17) illustre bien la cohorte de 2012 (< 15 mm) ainsi qu'une distribution étendue de homards >15 mm représentant les cohortes des années précédentes. La déposition benthique de homard sur les récifs était plus élevée en 2012 qu'en 2011 et atteignait 4,3 ± 0,5 homards/m^2. Elle a varié entre 3,6 et 5,7 homards/m^2 selon les récifs. Les différences entre les récifs est et ouest sont minimes et non significatives. Elle a été significativement plus élevée sur les récifs que dans la

pouponnière naturelle (2,46 ± 0,41 homards/m^2) (L. Gendron, observations personnelles) (t, $p<0,05$). En 2012, 34 % des homards capturés étaient des jeunes de l'année (≤ 15 mm), 38% se situaient entre 16 et 25 mm, représentant vraisemblablement la cohorte de 2011 et 22% des homards se situaient entre 26 et 40 mm, ce qui correspondrait approximativement à la cohorte de 2010. La proportion des homards <60 mm était toujours de 99% sur les petites roches et aucun homard de taille commerciale n'a été capturé.

Tableau 6. Nombre de homards récoltés dans chaque quadrat de 5 m^2 échantillonné en 2012 sur les récifs et densités moyennes (± erreur-type) (nombre/m^2).

	HOMARDS DE L'ANNÉE (≤ 15 mm)					HOMARDS > 15 mm					TOTAL				
RÉCIF	Quadrat				Densité	Quadrat				Densité	Quadrat				Densité
	1	2	3	Total	moyenne	1	2	3	Total	moyenne	1	2	3	Total	moyenne
A	21	15	---	36	3,6 ± 0,6	56	33	---	89	8,9 ± 2,3	77	48	---	125	12,5 ± 2,9
G	32	25	---	57	5,7 ± 0,7	44	36	---	80	8,0 ± 0,8	76	61	---	137	13,7 ± 1,5
Total récifs ouest				**93**	**4,7 ± 0,7**				**169**	**8,5 ± 1,0**				**262**	**13,1 ± 1,4**
C	21	17	---	38	3,8 ± 0,4	35	40	---	75	7,5 ± 0,5	56	57	---	113	11,3 ± 0,1
F	29	12	---	41	4,1 ± 1,7	72	45	---	117	11,7 ± 2,7	101	57	---	158	15,8 ± 4,4
Total récifs est				**79**	**4,0 ± 0,7**				**192**	**9,6 ± 1,7**				**271**	**13,6 ± 2,2**
Total				**172**	**4,3 ± 0,5**				**361**	**9,0 ± 0,9**				**533**	**13,3 ± 1,2**

4.2.4 Conclusion

Les résultats observés au cours des trois années de suivi dans la section des petites roches ont permis de démontrer qu'une déposition benthique naturelle a eu lieu à chaque année et qu'elle était au moins aussi élevée, sinon plus, que dans la pouponnière naturelle située à 1,5 km. Une certaine migration d'individus de plus de 25 mm sur les récifs artificiels a également été notée dès la première année, provenant probablement des affleurements rocheux présents dans l'environnement immédiat des récifs. Cette migration d'individus était cependant moins importante en termes de densité par rapport à la déposition larvaire.

Sur les trois années de suivi, dans la section des petites roches des récifs, trois cohortes successives de homard ont été observées ainsi qu'une augmentation graduelle du nombre de homards des différentes tailles. Ces résultats tendent à démontrer que le récif joue son rôle d'habitat propice à la déposition benthique du homard et assure un environnement favorable à la protection et à la croissance pendant les premières années de vie du homard. Les récifs contribuent en ce sens à augmenter la productivité de la population de homard. Ils fournissent également un habitat favorable aux homards résidents jusqu'à ce qu'ils atteignent une taille d'environ 40 mm.

5 CONCLUSION GÉNÉRALE

Selon Spanier *et al.* (2011) pour qu'un récif à homard soit efficace, ce dernier doit tenir compte des différents stades de vie du homard et des besoins respectifs qui y sont associés. Les données recueillies en 2012 sur la section de petites roches démontrent que cette partie du récif artificiel répond aux besoins du homard pour les trois premières années de sa vie benthique en offrant un milieu de vie propice à sa croissance et une protection adéquate contre les prédateurs. L'observation de homards de plus grande taille y compris de taille commerciale sur toutes les catégories de roches, lors des suivis réalisés un et deux ans après la mise en place des récifs, tend à démontrer que l'ensemble des récifs répond aussi aux besoins de tous les stades de vie du homard. L'objectif de créer des récifs multigénérationnels semble avoir été atteint. La quantité d'abris que procurent les amas de pierres de différentes tailles semble être adéquate pour assurer la protection contre les différents prédateurs présents dans le milieu (ex. tanche tautogue). De plus, la colonisation rapide des récifs par une grande quantité d'organismes tels que les moules et les petits gastéropodes semble procurer l'alimentation nécessaire à la survie des jeunes homards, à tout le moins. A cet effet, les récifs artificiels ont contribué à une augmentation importante de l'abondance d'organismes épibenthiques et de poissons sur le site par rapport à la situation initiale.

Spanier *et al.* (2011) soulignent également que le but d'un récif est d'augmenter à long terme l'abondance et la productivité des espèces visées et pour cela il est nécessaire de s'assurer que les populations observées sur les récifs ne sont pas le fruit d'un déplacement ou d'un attroupement dû à l'attrait du récif, mais bien d'une augmentation réelle et permanente d'individus dans la région. Dans cette étude, plusieurs observations permettent de penser qu'une partie des homards observés sur les récifs serait issue principalement d'une déposition benthique naturelle et non d'un déplacement d'individus : 1) Une seule cohorte importante est observée sur les petites roches des récifs en 2010, cette dernière est composée uniquement de homards de l'année et sa densité est semblable à celle retrouvée sur une pouponnière naturelle, et à cet effet, on a observé qu'une cohorte nouvelle s'ajoutait à chaque année, 2) il est possible de suivre différentes cohortes d'une année à l'autre durant les trois années de suivi et après trois ans la majorité des homards ont moins de 50 mm, 4) la densité de homards de plus de 50 mm de LC (plus mobiles) observés sur l'ensemble des récifs est nettement inférieure à celle des homards plus jeunes.

Selon les études de Fogarty et Idoine (1986), Richards et Cobb (1986) et de Steneck (2006), le manque d'habitats propices à l'établissement des postlarves de homard pourrait constituer un facteur limitant la distribution et l'abondance des homards. À la lumière des résultats des différents suivis, il est raisonnable de penser que la mise en place des récifs dans la baie de Plaisance pourrait jouer un rôle d'habitat supplémentaire permettant une plus grande déposition benthique de postlarves de homards. Le récif, en permettant la croissance et la protection des différents stades de vie subséquents pourrait contribuer, à une échelle locale, à l'augmentation du recrutement des populations de homard et d'autres espèces comme le crabe commun. Ces deux espèces commerciales ont été observées dans tous les récifs et utilisent les trois catégories de roches.

La mise en place des récifs à homards dans la baie de Plaisance a été faite en tenant compte des différentes recommandations établies dans Paille et Gendron (2001) et Barber *et al.* (2009a, b), afin d'augmenter les chances de réussite. Un examen minutieux du site retenu pour l'emplacement des récifs artificiels a été fait en fonction notamment des caractéristiques du substrat, d'indicateurs de la dynamique sédimentaire, de la profondeur et de la présence de homards à proximité. Les caractéristiques des récifs eux-mêmes ont été étudiées, notamment en ce qui concerne les matériaux, les dimensions, les abris ainsi que leur arrangement spatial. À la lumière des résultats obtenus, il semblerait que le suivi des recommandations ait contribué grandement au succès obtenu jusqu'à maintenant en termes de colonisation et de stabilité générale des récifs observée.

6 REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à l'équipe de JCB Environnement (Jacques Bérubé, Chantale Caux, Bruno Dupré et Jonathan M. Olson) pour leur implication dans les différentes phases de réalisation du projet : caractérisation des sites, suivis de conformité et de la colonisation des récifs. Nous remercions Mario Dérapse, Donald Poirier, Rodrigue Dubé et Luc Richard pour les travaux de terrain réalisés avec CJB et Jean-François Lussier, Frédérick Hartog, Pascal Tremblay, Caroline Vanier, Nathalie Paille, Gilles Savard et Pauline Robert pour le suivi en plongée sous-marine de la déposition benthique par le MPO. Nos remerciements vont à Remorquage J. M. inc. pour l'aménagement des récifs. Nous remercions également l'Association des pêcheurs propriétaires des Îles-de-la-Madeleine (APPIM), les pêcheurs de homard de la baie de Plaisance ainsi que le bureau de secteur du MPO des Îles-de-la-Madeleine pour leur collaboration au projet. Nous désirons remercier aussi Alain Drouin des services d'Architecture et de Génie maritime pour la préparation des plans et devis des récifs et Marc-André Baillargeon, Jean-François Bernard, Guy Gagnon et André Simard de l'équipe des dragages et levés hydrographiques de TPSGC. Finalement, nous remercions Claude Brassard, Jean-François Laplante et Bernard Sainte-Marie pour leurs commentaires sur le manuscrit.

7 BIBLIOGRAPHIE

Barber, J.S., K.A Whitmore, M. Rousseau, D.M. Chosid et R.P. Glenn. 2009a. Boston Harbor artificial reef site selection & monitoring program. Massachusetts Division of Marine Fisheries Technical Report TR-35.

Barber, J.S., D.M. Chosid, R.P. Glenn et K.A. Whitmore. 2009b. A systematic model for artificial reef site selection. N. Z. J. Mar. Freshwat. Res. 43 : 283-297.

CJB Environnement Inc. 2009. Projet de compensation d'habitat du poisson. Aménagement de récifs pour le homard dans la baie de Plaisance, Îles-de-la-Madeleine. Étude de caractérisation du milieu. Rapport présenté à Travaux Publics et Services Gouvernementaux Canada, Pêches et Océans Canada et Transports Canada. CJB Environnement Inc., Québec (Québec). ii+83 p.

CJB Environnement Inc. 2010. Projet de compensation d'habitat du poisson. Aménagement de récifs pour le homard dans la baie de Plaisance, Îles-de-la-Madeleine. Suivi de conformité des habitats aménagés. Rapport présenté à Travaux Publics et Services Gouvernementaux Canada, Pêches et Océans Canada et Transports Canada. CJB Environnement Inc., Québec (Québec). ii+57 p.

CJB Environnement Inc. 2011. Suivi après un an sur les récifs artificiels TC et MPO-PPB. Baie de Plaisance, Îles-de-la-Madeleine. Rapport présenté à Travaux Publics et Services Gouvernementaux Canada, Pêches et Océans Canada et Transports Canada. CJB Environnement Inc., Québec (Québec). ii+19 p + annexes.

CJB Environnement Inc. 2012. Suivi (2^{e} année) sur les récifs artificiels à homards. Baie de Plaisance, Îles-de-la-Madeleine. Rapport présenté à Travaux Publics et Services Gouvernementaux Canada, Pêches et Océans Canada et Transports Canada. CJB Environnement Inc., Québec (Québec). i+19 p + annexes.

Fogarty, M. J. et J.S. Idoine. 1986. Recruitment dynamics in an American lobster (*Homarus americanus*) population. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43 : 2368-2376.

Gendron, L. et B. Sainte-Marie. 2006. Growth of juvenile lobster *Homarus americanus* off the Magdalen Islands (Québec, Canada) and projection of instar and age at commercial size. Mar. Ecol. Prog. Ser. 326 : 221-233.

Hudon, C. 1987. Ecology and growth of postlarval and juvenile lobster, *Homarus americanus*, off Îles de la Madeleine (Quebec). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44 : 1855-1869.

Hudon, C., P. Fradette et P. Legendre. 1986. La répartition horizontale et verticale des larves de homard (*Homarus americanus*) autour des îles de la Madeleine, golfe du Saint-Laurent. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43 : 2164-2176.

Lawton, P. et K. Lavalli. 1995. Postlarval, juvenile, adolescent, and adult ecology. *In*: J. R. Factor (éditeur). Biology of the lobster *Homarus americanus*. Academic Press inc. San Diego, CA. p. 47-88.

MPO 1986. Politique de gestion de l'habitat du poisson. Ottawa. 28 pp.

Ouellet P, D. Lefaivre et J. P. Allard. 2001. Lobster (*Homarus americanus*) larvae abundance and post-larvae availability to settlement at the Magdalen Islands, southern Gulf of St. Lawrence (Quebec). *In*: M. J. Tremblay et B. Sainte-Marie (éditeurs) Canadian lobster Atlantic wide studies (CLAWS) symposium: abstracts and proceedings summary. Can Tech Rep Fish Aquat Sci 2328 : 14–18

Paille, N., L. Gendron, 2001. Conception et mise en place de récifs artificiels pour le homard (*Homarus americamus*) : revue des essais et recommandations. Rapp. can. ind. sci. halieut. aquat., 261, 43 p.

Richards, R.A. et J.S. Cobb. 1986. Competition for shelter between lobsters (*Homarus americamus*) and Jonah crabs (*Cancer borealis*): Effects of relative size. Can. J. Fish. Aaquat. Sci. 43 : 2250-2255.

Spanier, E., K.L. Lavalli et D. Edelist. 2011. Artificial reefs for lobsters: an overview of their application for fisheries enhancement, management, and conservation *In:* S.A. Bortone, F.P. Brandini, G. Fabi et S. Otake (éditeurs). Artificial reefs in fisheries management. CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 77-109.

Steneck, R. 2006. Possible demographic consequences of intraspecific shelter competition among American lobster. J. Crust. Biol. 26 : 628-638.

Wahle, R.A. 1992. Substratum constraints on body size and the behavioral scope of shelter use in the American lobster. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 159 : 59-75.

Zar. J. H. 2010. Biostatistical analysis. 5th edition. Prentice-Hall. Inc. Upper Saddle River, NJ. 944 p.

ANNEXES

Annexe 1. Calendrier des différentes étapes du projet de compensation visant mise en place de récifs artificiels pour le homard dans la Baie de Plaisance aux Îles-de-le-Madeleine (Québec).

Date	Description
6 août 2008	Première rencontre : présentation du projet à l'association des pêcheurs propriétaires des Îles-de-la-Madeleine
29 Septembre 2008	Date limite pour les soumissions des firmes de consultants
14 au 15 octobre 2008	Caractérisation du milieu (transect vidéo) par CJB Environnement Inc.
16 octobre 2008	Prélèvement des échantillons de sédiment sur les sites
Novembre 2008	Remise du rapport préliminaire de l'étude de caractérisation du milieu effectué par CJB Environnement Inc.
27 mai au 7 septembre 2009	Appel d'offre de TPSGC pour la mise en place des récifs
8 septembre 2009	Contrat octroyé à Remorquage J.M. Inc. du 85 chemin Renaud à Bassin, Îles-de-la-Madeleine
15 septembre au 19 octobre 2009	Préparation des pierres et mise à l'eau des récifs par Remorquage J.M. Inc.
20 octobre 2009	Localisation géographique des récifs par CJB Environnement Inc.
22 octobre 2009	Suivi de conformité des habitats aménagés (CJB Environnement Inc.) : Enregistrement vidéo
19 novembre 2009	Travaux correctifs par Remorquage J.M. Inc. pour éliminer les surcotes des récifs
Novembre 2009	Remise du rapport sur le suivi de conformité des habitats aménagés effectué par CJB Environnement Inc.
Décembre 2009	Remise du rapport de réalisation des travaux par TPSGC
23 mars 2010	Établissement du protocole d'échantillonnage pour le suivi des récifs à homard
30 et 31 août 2010	Suivi des récifs par CJB Environnement Inc. un an après la mise en place
3 au 17 septembre 2010	Suivi de la déposition benthique du homard sur les récifs par le MPO
Janvier 2011	Remise du rapport de CJB Environnement Inc. concernant le suivi 1 an après
5 septembre 2011	Suivi des récifs par CJB Environnement Inc. deux ans après la mise en place
6 au 20 septembre 2011	Suivi de la déposition benthique du homard sur les récifs par le MPO
Janvier 2012	Remise du rapport de CJB Environnement Inc. concernant le suivi 2 ans après
4 au 17 septembre 2012	Suivi de la déposition benthique du homard sur les récifs par le MPO

Annexe 2. Coordonnées géographiques et profondeur (P) des transects vidéo effectués pour la caractérisation des quatre sites à l'étude dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine.

Site	Transect	P (m)	Position	Coordonnées prévues Nord	Nord
1	T1	7,62	début	47° 15,435'	61° 51,234'
			fin	47° 15,433'	61° 51,022'
	T2	7,32	début	47° 15,385'	61° 51,228'
			fin	47° 15,382'	61° 51,027'
	T3	7,32	début	47° 15,326'	61° 51,233'
			fin	47° 15,326'	61° 51,030'
2	T4	7,01	début	47° 15,437'	61° 50,472'
			fin	47° 15,437'	61° 50,264'
	T5	7,32	début	47° 15,381'	61° 50,474'
			fin	47° 15,381'	61° 50,271'
	T6	7,32	début	47° 15,326'	61° 50,472'
			fin	47° 15,319'	61° 50,260'
3	T7	6,40	début	47° 14,936'	61° 50,760'
			fin	47° 14,935'	61° 50,556'
	T8	5,79	début	47° 14,880'	61° 50,760'
			fin	47° 14,881'	61° 50,551'
	T9	5,49	début	47° 14,826'	61° 50,759'
			fin	47° 14,828'	61° 50,555'
4	T10	6,71	début	47° 15,220'	61° 51,188'
			fin	47° 15,131'	61° 51,030'

Annexe 3. Coordonnées géographiques des stations d'échantillonnage de sédiments pour la caractérisation des quatre sites à l'étude dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine.

Site	Transect	Station	Distance (m)	Coordonnées préétablies	
				°Nord	°Ouest
1	T1	S1	0	47°15,434	61°51,233
		S2	125	47°15,435	61°51,124
		S3	250	47°15,435	61°51,029
	T2	S4*	0	47°15,382	61°51,231
		S4b	60	47°15,381	61°51,177
		S5	190	47°15,380	61°51,071
	T3	S6	0	47°15,327	61°51,233
		S7	125	47°15,326	61°51,125
		S8	250	47°15,327	61°51,032
2	T4	S9	0	47°15,435	61°50,479
		S10	125	47°15,436	61°50,369
		S11	250	47°15,435	61°50,263
	T5	S12	60	47°15,380	61°50,419
		S13	190	47°15,383	61°50,343
		S13b*	160	47°15,382	61°50,315
	T6	S14	0	47°15,327	61°50,468
		S15	125	47°15,327	61°50,368
		S16	250	47°15,327	61°50,268
3	T7	S17	0	47°14,937	61°50,766
		S18	125	47°14,933	61°50,658
		S19	250	47°14,935	61°50,555
	T8	S20	60	47°14,882	61°50,710
		S21	190	47°14,880	61°50,608
	T9	S22	0	47°14,827	61°50,760
		S23	125	47°14,826	61°50,657
		S24	250	47°14,826	61°50,556

*Stations supplémentaires non prévues au protocole d'origine

Annexe 4. Liste alphabétique des noms communs et scientifiques des différentes espèces mentionnées dans le document.

Nom commun	**Noms scientifique**
Amphipodes	Amphipoda
Anémones	Actiniaria
Anguille d'Amérique	*Anguilla rostrata*
Anomies	*Anomia* sp.
Balanes	*Balanus* sp.
Bernard l'hermite	*Pagurus acadianus*
Bryozoaires	
Buccin	*Buccinum* sp.
Caprelle	Caprellidae
Chaboisseau	
Couteau droit	*Ensis directus*
Crabe commun	*Cancer irroratus*
Crevettes	
Dollar des sables	*Echinarachnius parma*
Éponges	Porifera
Étoiles de mer	*Asterias* sp.
Fausse vénus	*Pitar morrhuanus*
Hémitriptère	*Hemitripterus americanus*
Homard d'Amérique	*Homarus americanus*
Hydrozoaires	
Lacune commune de l'Atlantique	*Lacuna vincta*
Limande à queue jaune	*Limanda ferruginea*
Loquette d'Amérique	*Zoarces americanus*
Lunatie	*Euspira heros**
Merluche blanche	*Urophycis tenuis*
Mitrelle lunée	*Astyris {autrefois Mitrella} lunata*
Moule	*Mytilus edulis ?*
Nassaire à trois bandes	*Ilyanassa trivittata*
Nématodes	Nematoda
Némerta	Nemertea
Oligochètes	Oligocheta
Oursin vert	*Stongylocentrotus droebachiensis*
Patelles	*Patella* sp.
Perciformes	
Platyhelminthes	
Plie canadienne	*Hippoglossoides platessoides*
Plie grise	*Glyptocephalus cynoglossus*
Plie lisse	*Liopsetta putnami*
Plie rouge	*Pseudopleuronectes americanus*
Polychètes	Polychaeta
Soleil de mer	Asteroidae
Tanche tautogue	*Tautogolabrus adspersus*
Thracie de Conrad	*Thracia conradi*
Turbot de sable	*Scopthalmus aquosus*
Ulvaire à deux lignes	*Ulvaria subbifurcata*
Zostère	*Zostera marina*

*Toutes les grandes lunaties (> 2,5 cm) étaient des *Euspira heros* tandis que les petites pourraient appartenir à d'autres espèces dans la famille Naticidae.

Annexe 5. Densité d'organismes épibenthiques (nombre d'individus/m^2) par type de fond observée sur les transects filmés lors de la caractérisation des quatre sites à l'étude dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine.

Site	Type de fond	Superficie[1] (m^2)	Lunaties	Bernard l'hermite	Crabe commun	Homard	Balane	Dollar des sables	Étoiles de mer	Oursin vert	Poissons plats[2]	Turbot de sable	Merluche blanche	Poissons autres[3]	Anémone	Zostère
1	Sable	731	0,086	0,028	0,012	0,001	0	0,056	0,011	0	0,011	0	0	0	0	0
	Sable gravier	19	0	<0,001	0	0	0	0,053	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	750	0,084	0,027	0,012	0,001	0	0,056	0,011	0	0,011	0	0	0	0	0
2	Sable	741	0,167	0,104	0,013	0,001	0	0,024	0,008	0	0,018	0,001	0,001	0	0,000	0
	Sable gravier	6	0	0,167	0,500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Amas rocheux	3	0	0	0,667	0,667	0	0	1,000	0	0	0	0	0,333	0	0
	Total	750	0,165	0,104	0,020	0,004	0	0,024	0,012	0	0,017	0,001	0,001	0,001	0,000	0
3	Sable	735,5	0,393	0,086	0,010	0	0,001	0,035	0,011	0	0,033	0,000	0,001	0	0	0,005
	Amas rocheux	14,5	0	0	0,069	0,552	0	0	9,862	0,966	0	0	0	1,448	0,276	0,000
	Total	750	0,385	0,084	0,011	0,011	0,001	0,035	0,201	0,019	0,032	0,000	0,001	0,028	0,005	0,005
4	Sable	203	0,271	0,118	0,030	0	0	0,034	0,030	0	0	0	0	0	0	0
	Sable gravier	47	0,043	0,149	0	0	0	0	0,064	0	0,043	0	0	0	0	0
	Total	250	0,228	0,124	0,024	0	0	0,028	0,036	0	0,008	0	0	0	0	0
Total	**Sable**	**2410,5**	**0,222**	**0,078**	**0,013**	**0,001**	**<0,001**	**0,038**	**0,012**	**0**	**0,019**	**<0,001**	**0,001**	**0**	**<0,001**	**0,002**
	Sable/gravier	**72**	**0,028**	**0,119**	**0,042**	**0**	**0**	**0,014**	**0,042**	**0**	**0,028**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
	Amas rocheux	**17,5**	**0**	**0**	**0,171**	**0,571**	**0**	**0**	**8,343**	**0,800**	**0**	**0**	**0**	**1,257**	**0,229**	**0**
	Total	**2500**	**0,215**	**0,078**	**0,015**	**0,005**	**<0,001**	**0,037**	**0,071**	**0,006**	**0,019**	**<0,001**	**0,001**	**0,009**	**0,002**	**0,002**

[1] Superficie calculée sur l'ensemble des transects

[2] Poissons plats : différentes espèces de plies dont principalement la plie rouge (*Pseudopleuronectes americanus*) ainsi que la limande à queue jaune (*Limanda ferruginea*)

[3] Poissons autres : réfère aux petits poissons non identifiés qui ont été observés dans les transects.

Les densités surlignées en gris sont des valeurs sous-estimées.

Annexe 6. Densité d'organismes (nombre d'individus/m^2) observée sur chacun des transects filmés lors de la caractérisation des quatre sites à l'étude dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine.

Transect	Lunatie	Bernard l'hermite	Crabe commun	Homard	Balane	Dollar des sables	Étoiles de mer	Oursin vert	Poissons plats[1]	Turbot de sable	Merluche blanche	Poissons autres[2]	Anémone	Zostère
1	0,076	0,004	0,004	0	0	0,016	0	0	0,012	0	0	0	0	0
2	0,088	0,043	0,020	0,004	0	0,068	0,017	0	0,008	0	0	0	0	0
3	0,090	0,038	0,012	0	0	0,084	0,016	0	0,012	0	0	0	0	0
4	0,153	0,107	0,020	0	0	0,028	0,004	0	0,016	0	0,004	0	0	0
5	0,164	0,132	0,016	0,004	0	0,040	0,012	0	0,020	0,004	0	0	0	0
6	0,176	0,072	0,024	0,008	0	0,004	0,020	0	0,016	0	0	0,004	0,004	0
7	0,160	0,068	0,016	0,028	0	0,024	0,572	0,056	0,008	0	0	0,084	0,016	0
8	0,520	0,096	0,012	0	0,004	0,068	0,020	0	0,048	0	0	0	0	0,008
9	0,476	0,088	0,004	0,004	0	0,012	0,012	0	0,040	0	0,004	0	0	0,008
10	0,228	0,124	0,024	0	0	0,028	0,036	0	0,008	0	0	0	0	0

[1] La catégorie « Poissons plats » regroupe différentes espèces de plies dont principalement la plie rouge (*Pseudopleuronectes americanus*) ainsi que la limande à queue jaune (*Limanda ferruginea*)

[2] La catégorie des « poissons autres » réfère aux petits poissons non identifiés qui ont été observés dans les transects.

Les densités surlignées en gris sont des valeurs sous-estimées.

Annexe 7. Description des stations d'échantillonnage de sédiments prélevées sur les sites 1, 2 et 3 lors de la caractérisation du milieu.

SITE	TRANSECT	STATION	COMPACITÉ	DESCRIPTION	NOTES
1	T1	S1	Très mou	Beaucoup de sable fin + gravier et petites roches	Dollars des sables, coquillages
		S2		Sable fin + un peu de gravier	
		S3		Beaucoup de sable fin + gravier et petites roches	
	T2	S4		Sable fin + beaucoup de roches et gravier	Petits couteaux et dollars des sables
		S4B	meuble sur plus de 15 cm de profondeur	Sable très fin	Dollars des sables, morceaux de coquillages; tubes de polychètes
		S5	Mou	Sable fin + peu de gravier	
	T3	S6	Mou	Sable fin + très peu de gravier	1 chaudière avec du noir dans le surnageant; polychètes, dollars des sables, 1 grosse lunatie
		S7		Sable fin	Dollars des sables
		S8	Très mou	Sable fin	Dollars des sables; morceaux de coquillages, coquille de mactre
2	T4	S9		Sable fin + beaucoup de roches et gravier	Coquillages
		S10	Très mou	Sable fin + très peu de gravier	Morceau de bois, plusieurs petits couteaux; tubes de polychètes
		S11	Mou	Sable fin et gravier – quelques petites roches (1-2 po)	Dollars des sables, coquillages, petits couteaux; tubes de polychètes
	T5	S12	Mou (roches présentes à 15 cm de profondeur)	Sable fin + un peu de gravier fin	Dollars des sables, coquillages
		S13	Compact	50% sable – 50% gravier + roche en surface (couverture de 35%)	Plie observée par le plongeur
		S13B	Mou sur 5 cm de profondeur, ensuite dur	Sable fin compact – gravier	
	T6	S14		Sable fin + sable et gravier à plus de 10 cm de profondeur; quelques roches de plus de 2 po	
		S15	Mou	Sable fin	Coquillages, petits couteaux, tubes de polychètes
		S16	Mou	Sable fin sur plus de 15 cm de profondeur + < 1% de gravier	coquilles de couteaux.
3	T7	S17	Mou sur plus de 15 cm de profondeur	Sable fin	Quelques coquillages, anguille de sable (3 po)
		S18	Mou	Sable très fin sur plus de 15 cm de profondeur	Dollars de sable, tubes polychètes, coquilles de couteaux
		S19	Mou	Sable très fin sur plus de 15 cm de profondeur	2 grosses lunaties, dollars de sable, tubes de polychètes, morceaux de coquillages
	T8	S20	Mou	Sable très fin propre	Gros polychète, quelques coquillages, dollars de sable
		S21	Mou	Sable très fin sur plus de 15 cm de profondeur + 1 grosse roche	dollars de sable, coquillages, tubes de polychètes
	T9	S22	Mou	Sable très fin sur plus de 15 cm de profondeur	Dollars de sable, coquillages, tubes de polychètes

Annexe 8. Nombre d'organismes par espèce et par station d'échantillonnage de sédiments et densité (nombre/m^2) (moyenne ± erreur-type) par espèce pour chaque site.

Espèces	Site 1									Densité moyenne
	Transect 1			Transect 2			Transect 3			
	S1	S2	S3	S4	S4b	S5	S6	S7	S8	
Polychètes	8	0	36	4	16	28	28	36	8	18,2 ± 4,7
Oligochètes	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0,9 ± 0,6
Anémones	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0,9 ± 0,9
Nématodes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Némertes	0	0	0	0	0	0	12	0	0	1,3 ± 1,3
Platyhelminthes	0	0	4	0	8	0	8	8	4	3,6 ± 1,2
Dollar des sables	24	8	16	12	28	28	12	28	24	20,0 ± 2,7
Nassaire	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0,4 ± 0,4
Lunaties	0	4	4	4	4	8	4	4	4	4,0 ± 0,7
Fausse vénus	0	0	4	0	4	4	0	0	8	2,2 ± 1,0
Couteau droit	24	4	24	8	40	28	12	32	36	23,1 ± 4,2
Thracia de Conrad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amphipodes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bernard l'hermite	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0,4 ± 0,4
Décapodes (non id.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Espèces	Site 2									Densité moyenne
	Transect 4			Transect 5			Transect 6			
	S9	S10	S11	S12	S13	S13b	S14	S15	S16	
Polychètes	32	52	44	0	28	20	32	40	20	29,8 ± 5,1
Oligochètes	8	4	4	0	0	0	0	0	0	1,8 ± 1,0
Anémones	0	0	4	0	0	8	0	4	4	2,2 ± 1,0
Nématodes	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0,4 ± 0,4
Némertes	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0,4 ± 0,4
Platyhelminthes	12	4	4	4	8	0	4	12	4	5,8 ± 1,4
Dollar des sables	12	24	32	16	8	48	48	12	24	24,9 ± 5,0
Nassaire	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0,9 ± 0,9
Lunaties	24	8	12	0	12	0	8	4	4	8,0 ± 2,5
Fausse vénus	0	12	8	4	4	4	12	12	16	8,0 ± 1,8
Couteau droit	44	40	44	32	40	40	24	16	60	37,8 ± 4,2
Thracia de Conrad	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0,4 ± 0,4
Amphipodes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bernard l'hermite	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Décapodes (non id.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Annexe 8. suite

Espèce	Site 3								Densité moyenne
	Transect 7			Transect 8			Transect 9		
	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	
Polychètes	4	20	8	12	12	0	32	12	12,5 ± 3,5
Oligochètes	0	0	4	0	0	0	0	0	0,5 ± 0,5
Anémones	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nématodes	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Némertes	0	12	0	0	0	0	8	4	3,0 ± 1,6
Platyhelminthes	0	0	0	12	0	0	8	12	4,0 ± 2,0
Dollar des sables	4	12	32	12	16	16	24	40	19,5 ± 4,2
Nassaire	0	0	0	0	4	4	0	0	1,0 ± 0,7
Lunaties	8	0	16	0	4	8	16	24	9,5 ± 3,0
Fausse vénus	0	4	8	4	16	0	8	12	6,5 ± 2,0
Couteau droit	24	64	40	24	88	64	32	64	50,0 ± 8,2
Thracia de Conrad	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amphipodes	0	0	4	0	0	0	0	0	0,5 ± 0,5
Bernard l'hermite	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Décapodes (non id.)	0	4	0	0	0	0	0	0	0,5 ± 0,5

Annexe 9. Densité totale (nombre/m^2) (moyenne ± erreur-type) par espèce pour l'ensemble des sites d'échantillonnage des sédiments.

Espèce	**Densité moyenne**
Polychètes	20.5 ± 2.9
Oligochètes	1.1 ± 0.4
Anémones	1.1 ± 0.5
Nématodes	0.2 ± 0.2
Némertes	1.5 ± 0.7
Platyhelminthes	4.5 ± 0.9
Dollar des sables	21.5 ± 2.3
Nassaire	0.8 ± 0.4
Lunaties	7.1 ± 1.3
Fausse vénus	5.5 ± 1.0
Couteau droit	36.5 ± 3.8
Thracia de Conrad	0.2 ± 0.2
Amphipodes	0.2 ± 0.2
Bernard l'hermite	0.2 ± 0.2
Décapodes (non id.)	0.2 ± 0.2

Annexe 10. Volume (tonnes) des pierres des différentes tailles utilisées pour aménager chacune des sections des récifs.

Récifs	Sections du récif					Total
	Grosses roches (40 -75 cm)	Moyennes roches (20-40 cm)	Petites roches (10-20 cm)	Moyennes roches (20-40 cm)	Grosses roches (40 -75 cm)	
A	42,7	24,3	23,3	26	30,1	146.4
B	34,6	25,2	23,2	26,1	37,1	146.5
C	36,2	25,4	22,7	25,8	40	150
D	37,2	26	23,8	25,2	36,9	149.1
E	33,7	25,5	23,3	26,3	33,2	142
F	36,2	26,2	22,7	26,2	37,1	148.4
G	36,8	27	23,2	28,2	35,7	150.9
H	35,7	25,7	23,8	25,8	37,4	148.4
Moyenne	36,6	25,7	23,3	26,2	36	147,7

Annexe 11. Photographies illustrant la préparation de la pierre et son transport

Photographie 1: Pierres non triées à la carrière.

Photographie 2 : Tri de la pierre à la carrière.

Photographie 3 : Entreposage de la pierre au quai de Havre-Aubert.

Photographie 4 : Pierres de 40 à 75 cm de diamètre avec le numéro de bordereau (pesée) pour contrôler la quantité au moment du chargement.

Photographie 5 : Pelle mécanique utilisée pour placer les pierres sur la barge.

Photographie 6 : Lit de gravier sous la pelle mécanique pour ne pas endommager le quai.

Photographie 7 : Barge avec pelle mécanique et remorqueur utilisés pour mettre en place les récifs.

Photographie 8 : Espace prévu sur la barge pour mettre les pierres.

Annexe 12. Coordonnées prévues et réelles des quatre coins de chaque récif artificiel mis en place dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine.

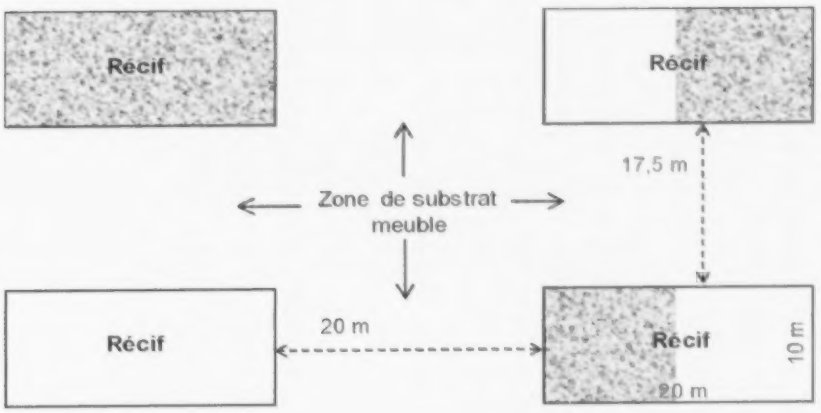
Récif	Coin	Coordonnées prévues		Coordonnées réelles	
		Latitude Nord	Longitude Ouest	Latitude Nord	Longitude Ouest
A	1	47°15,245	61°51,227	47°15,247	61°51,226
	2	47°15,239	61°51,214	47°15,237	61°51,215
	3	47°15,235	61°51,220	47°15,236	61°51,224
	4	47°15,242	61°51,232	47°15,243	61°51,233
B	1	47°15,232	61°51,202	47°15,231	61°51,200
	2	47°15,225	61°51,191	47°15,224	61°51,191
	3	47°15,221	61°51,195	47°15,221	61°51,193
	4	47°15,228	61°51,207	47°15,225	61°51,206
C	1	47°15,376	61°50,521	47°15,375	61°50,518
	2	47°15,369	61°50,508	47°15,371	61°50,509
	3	47°15,365	61°50,514	47°15,362	61°50,516
	4	47°15,372	61°50,526	47°15,370	61°50,525
D	1	47°15,362	61°50,496	47°15,363	61°50,498
	2	47°15,356	61°50,484	47°15,358	61°50,483
	3	47°15,351	61°50,489	47°15,352	61°50,486
	4	47°15,358	61°50,501	47°15,358	61°50,502
E	1	47°15,234	61°51,241	47°15,237	61°51,242
	2	47°15,227	61°51,229	47°15,228	61°51,227
	3	47°15,223	61°51,233	47°15,225	61°51,236
	4	47°15,230	61°51,246	47°15,230	61°51,245
F	1	47°15,365	61°50,534	47°15,363	61°50,531
	2	47°15,358	61°50,522	47°15,358	61°50,520
	3	47°15,354	61°50,527	47°15,353	61°50,530
	4	47°15,361	61°50,540	47°15,359	61°50,538
G	1	47°15,221	61°51,217	47°15,219	61°51,212
	2	47°15,214	61°51,204	47°15,213	61°51,205
	3	47°15,209	61°51,209	47°15,212	61°51,210
	4	47°15,216	61°51,221	47°15,219	61°51,222
H	1	47°15,351	61°50,510	47°15,351	61°50,509
	2	47°15,344	61°50,498	47°15,343	61°50,496
	3	47°15,340	61°50,503		
	4	47°15,347	61°50,515	47°15,345	61°50,515

Annexe 13. Caractérisation du fond naturel et mesure de la hauteur de l'enrochement à dix endroits autour de chaque récif.

Récifs (Ouest)	Point	Type de fond	% Gravier	Compacité (cm)	Hauteur enrochement (cm)
A	A	Sable	-	15	38
A	B	Sable	-	13	23
A	C	Sable	-	10	71
A	D	Sable et gravier	1-5	13	86
A	E	Sable et gravier	5-10	9	81
A	F	Sable et gravier	10-15	9	102
A	G	Sable	-	9	36
A	H	Sable	-	10	140
A	I	Sable et gravier	10	6	127
A	J	Sable	-	10	114
B	A	Sable	-	9	36
B	B	Sable	-	9	69
B	C	Sable	-	10	86
B	D	Sable	-	8	84
B	E	Sable et gravier	50	10	64
B	F	Sable et gravier	30-60	12	56
B	G	Sable et gravier	10-20	52	43
B	H	Sable et gravier	30	5	28
B	I	Sable et gravier	10-25	13	127
B	J	Sable et gravier	10-25	8	91
E	A	Sable	-	5	30
E	B	Sable	-	15	48
E	C	Sable	-	10	81
E	D	Sable	-	8	102
E	E	Sable	-	15	127
E	F	Sable et gravier	15-30	5	46
E	G	Sable	-	15	43
E	H	Sable et gravier	30	5	132
E	I	Sable et gravier	20	5	127
E	J	Sable et gravier	20	2,5	102
G	A	Sable	-	12	43
G	B	Sable	-	10	61
G	C	Sable	-	8,5	38
G	D	Sable et gravier	10-20	13	91
G	E	Sable et gravier	10	8	86
G	F	Sable et gravier	15	25	61
G	G	Sable et gravier	30	9	36
G	H	Sable et gravier	20	8	76
G	I	Sable et gravier	10-15	10	15
G	J	Sable et gravier	10-15	5	76

Récifs (Est)	Point	Type de fond	% Gravier	Compacité (cm)	Hauteur enrochement (cm)
C	A	Sable	-	13	69
C	B	Sable	-	15	56
C	C	Sable	-	8	84
C	D	Sable	-	13	102
C	E	Sable	-	13	127
C	F	Sable et gravier	25	15	86
C	G	Sable et gravier	10	13	51
C	H	Sable et gravier	10	15	74
C	I	Sable	-	15	79
C	J	Sable	-	10	66
D	A	Sable	-	14	74
D	B	Sable	-	13	43
D	C	Sable	-	10	89
D	D	Sable	-	18	76
D	E	Sable	-	19	91
D	F	Sable et gravier	15-25	18	25
D	G	Sable et gravier	10-20	13	71
D	H	Sable et gravier	25	10	84
D	I	Sable	-	10	81
D	J	Sable	-	10	114
F	A	Sable	-	13	127
F	B	Sable	-	23	79
F	C	Sable	-	18	56
F	D	Sable	-	18	43
F	E	Sable	-	15	76
F	F	Sable	-	13	74
F	G	Sable	-	20	76
F	H	Sable	-	15	99
F	I	Sable	-	20	152
F	J	Sable	-	15	127
H	A	Sable	-	15	71
H	B	Sable	-	25	30
H	C	Sable	-	20	56
H	D	Sable	-	10	127
H	E	Sable	-	10	127
H	F	Sable	-	10	127
H	G	Sable	-	10	51
H	H	Sable	-	10	122
H	I	Sable	-	14	122
H	J	Sable	-	15	102

Annexe 14. Distances entre les récifs d'un site.



Annexe 15. Identification et décompte sommaire des espèces fauniques (nombre d'individus) observées autour et sur les récifs lors du suivi de conformité effectué à l'automne 2009.

Récif	Crabe commun	Homard	Bernard l'hermite	Lunaties*	Étoiles de mer	Dollar des sables*
A	12				1	
B	2	2	2	1		
C	2		1	8	1	
D	1	2	2			
E	6		3	3		
F	1	2	6	3		2
G	3	1	8			
H	1	2	1	2		

*Toujours observé(e)s sur le sable en périphérie du récif

Note : quelques hémitriptères ont été observés ainsi que de petits bryozoaires et/ou hydrozoaires sur certaines grosses roches.

Annexe 16. Nombre total d'organismes dans chaque transect de 20 m² effectué lors des suivis en 2010 sur quatre des huit récifs mis en place dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine.

		Récif A			Récif G			Récif C			Récif F		
		Petites	Moyennes	Grosses	Petites	Moyennes	Grosses	Petites	Moyennes	Grosses	Petites	Moyennes	Grosses
Homard	< 50 mm	6	3	3	3	1	3	2	3	1	0	1	0
	50-83 mm	3	5	0	0	3	0	4	5	3	2	1	2
	> 83 mm	0	1	1	0	2	0	0	1	1	0	0	0
Crabe commun	< 50 mm	8	2	4	7	3	3	1	3	1	1	4	0
	> 50 mm	0	0	1	4	0	0	0	0	0	1	2	2
Poissons plats		2	0	3	3	2	0	6	0	1	2	0	1
Tanche tautogue		103	86	91	51	66	113	45	43	110	21	24	77
Chaboisseau		1	0	3	0	0	0	0	0	1	1	1	0
Perciformes		0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Naissain de gastéropodes		ind	0	1	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind
Patelles		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oursins		1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0
Étoiles de mer		4	20	22	11	58	71	24	96	64	40	51	69
Naissains de moules		ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind
Anémones		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Éponges		0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Balanes		0	0	0	100	41	100	0	centaines	milliers	11	47	milliers
Anomie		3	milliers	10	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*
Dollar des sables		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Crevette		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ind. = indénombrable

0* : Cette espèce ne faisait pas partie de la liste des taxons et elle n'a peut-être pas été dénombrée sur ces transects.

Annexe 17. Nombre total d'organismes dans chaque transect de 20 m² effectué lors des suivis en 2011 sur quatre des huit récifs mis en place dans la baie de Plaisance aux Îles-de-la-Madeleine.

		Récif A			Récif B			Récif D			Récif F		
		Petites	Moyennes	Grosses	Petites	Moyennes	Grosses	Petites	Moyennes	Grosses	Petites	Moyennes	Grosses
Homard	< 50 mm	17	8	7	8	6	4	1	4	5	2	0	0
	50-83 mm	13	10	8	3	6	2	1	6	2	2	2	2
	> 83 mm	2	4	2	0	4	2	4	4	1	0	0	0
Crabe commun	< 50 mm	6	2	0	4	0	2	2	4	0	2	0	0
	> 50 mm	1	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
Crevettes		0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Poissons plats		0	1	0	2	4	0	3	1	1	1	0	0
Tanche tautogue		42	54	49	78	15	54	85	58	44	34	65	65
Loquette d'Amérique*		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Gastéropodes**		C	0	0	0	0	0	0	C	0	0	0	0
Patelles		36	11	11	19	0	15	7	0	1	1	0	0
Oursin vert		0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Étoiles de mer		C	C	C	C	C	C	C	0	C	C	C	C
Dollar des sables		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Moules		17	0	0	0	0	2	4	6	0	0	0	0
Naissains de moules		0	0	0	0	C	0	0	C	0	0	0	0
Anomies		B	B	B	B	0	0	B	B	B	3	0	0
Balanes		28	C	24	17	4	21	58	66	67	15	C	C

*Pourrait être une anguille d'Amérique

** Principalement la lacune commune de l'Atlantique *Lacuna vincta*

B : individus dispersés; C : grand nombre avec une couverture de moins de 50%

Annexe 18. Pourcentage de recouvrement de roches, d'algues et d'animaux et nombre d'individus pour chaque espèce identifiée dans les quadrats de 0,25 m^2 effectués sur les récifs G et F lors du suivi de 2010.

		Récif G									Récif F								
		Petites roches			Moyennes roches			Grosses roches			Petites roches			Moyennes roches			Grosses roches		
	Position du Quadrat	2,5 m	5 m	7,5 m	2,5 m	5 m	7,5 m	2,5 m	5 m	7,5 m	2,5 m	5 m	7,5 m	2,5 m	5 m	7,5 m	2,5 m	5 m	7,5 m
% erture	Roche	5	100	100	100	100	100	75	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Algale	50	60	60	70	40	20	35	60	50	90	50	90	35	90	55	30	50	60
	Animale	3	5	5	10	1	1	5	5	10	5	2	2	3	1	4	5	3	5
nbre/ drat	Anomie	0	3	9	20	0	10	0	0	7	0	0	1	0	0	0	0	2	1
	Balane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	29	0	0
	Caprelle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Crabe commun	0	1*	0	0	1**	1***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Étoiles de mer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	3	0
	Tanche tautogue	1	1	1	4	2	0	5	2	0	4	2	3	1	3	1	2	6	1
	Anguille d'Amérique	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*>50 mm ; **~5 mm ; *** ~50 mm